

296 #2

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

Jc971 U.S. PRO
09/995616
11/29/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年11月30日

出願番号

Application Number:

特願2000-366411

出願人

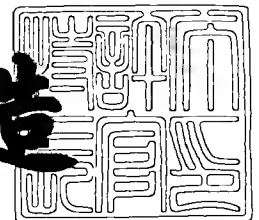
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年 8月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3074418

【書類名】 特許願

【整理番号】 81710076

【提出日】 平成12年11月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 06/42

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 菊地 秀雄

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 石堂 仁則

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100099830

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 西村 征生

 【電話番号】 048-825-8201

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 038106

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9407736

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路結合構造及び光導波路の結合方法、光導波路及びその製造方法、並びに光導波路付き光素子部品及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の光導波路と第 2 の光導波路とが光結合されてなる光導波路結合構造であって、

光素子チップ上に配置されて端部にそのコア層が緩い角度で斜めに露出するように形成された第 1 の断面及び該第 1 の断面から所定距離離れた位置に該第 1 の断面に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面を有する第 1 の光導波路と、ベース基板上に配置されて端部にそのコア層が緩い角度で斜めに露出するように形成された第 1 の断面及び該第 1 の断面から所定距離離れた位置に該第 1 の断面に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面を有する第 2 の光導波路とが、前記第 1 の断面同士を及び前記第 2 の断面同士を位置合わせすることにより結合されていることを特徴とする光導波路結合構造。

【請求項 2】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路であって、

前記フィルムの端部に光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有し、該第 1 の断面に露出した前記コア層の位置から所定距離離れた位置に、前記第 1 の断面と前記フィルムの表面との交線に対して所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴とする光導波路。

【請求項 3】 前記第 1 の断面が前記フィルムの面に略垂直な面であることを特徴とする請求項 2 記載の光導波路。

【請求項 4】 前記第 1 の断面が前記フィルムの面に非垂直の所定断面を成す面であることを特徴とする請求項 2 記載の光導波路。

【請求項 5】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆した第 1 及び第 2 のフィルムを用いて構成した光導波路であって、

前記第 1 のフィルムの上に位置合わせ用パターンを備えた前記第 2 のフィルムを有し、前記位置合わせ用パターンの一端に光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有し、前記位置合わせ用パターンの前記第 1 の断面に露出した前記コア層の

位置から所定距離離れた位置に、前記位置合わせ用パターン方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴とする光導波路。

【請求項 6】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路の製造方法であって、

前記フィルムの端部に、光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を形成する工程と、

前記第 1 の断面に露出した前記コア層の位置を測定する工程と、

前記露出したコア層の位置から所定距離離れた位置に、前記フィルムの光路方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成する工程と、

を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 7】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路の製造方法であって、

ベース基板上に金属膜パターンを形成する工程と、

前記金属膜パターンを含む前記ベース基板上に前記フィルムを形成する工程と、前記金属膜パターンの上の前記フィルムの一部を、紫外線レーザーのアブレーション加工により除去することで、前記フィルムの光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を形成する工程と、

前記第 1 の断面に露出した前記コア層の位置を測定する工程と、

前記露出したコア層の位置から所定距離離れた前記金属膜パターンの上の位置に、前記第 1 の断面に所定角度を成す第 2 の断面をレーザーアブレーション加工により形成する工程と、

を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 8】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路の製造方法であって、

ベース基板上に形成する前記フィルムのコア層の上に金属膜を形成し、該金属膜の上にクラッド層を形成したフィルムを用いて、該クラッド層を紫外線レーザーアブレーション加工で除去する工程と、

前記金属膜をエッチングして除去する工程と、

前記コア層による位置合わせ用パターンの端部に、該位置合わせ用パターンの

方向に緩い角度を成す第 1 の断面を形成する工程と、

前記第 1 の断面に露出した前記コア層の位置を測定する工程と、

前記露出したコア層の位置から所定距離離れた位置に前記フィルムの光路方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成する工程と、

を有することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 9】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路付き光素子部品であって、

光素子チップの上に前記フィルムを有し、該光素子チップの発光面あるいは受光面の上部に略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面を有し、前記フィルムの他の端部に、光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有することを特徴とする光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 0】 前記略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面から前記光素子チップの発光面あるいは受光面まで、前記コア層と略同じ屈折率を有する樹脂で充填された穴が形成されていることを特徴とする請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 1】 前記略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面に金属膜が形成され、該鏡面の上に樹脂が被覆されていることを特徴とする請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 2】 前記光素子チップにスペーサを接着し、該スペーサ上に前記フィルムを形成した構造を有することを特徴とする請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 3】 前記スペーサが透明媒体で形成され、かつ、該スペーサが前記光素子チップから突出した構造を有することを特徴とする請求項 1 2 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 4】 前記第 1 の断面が前記光素子チップの面に略垂直な面であることを特徴とする請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 5】 前記第 1 の断面が前記光素子チップの面に非垂直な所定角度を成す面であることを特徴とする請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 6】 前記フィルムの前記第 1 の断面に露出した前記コア層の位

置から所定距離離れた位置に、前記フィルムの光路方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴とする請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 7】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路付き光素子部品であって、

光素子チップの上に下クラッド層と上コア層と該上コア層と略同じ高さの側面クラッド層を有し、前記上コア層の上に薄膜クラッド層を形成し、前記上コア層による第 1 のフィルムと位置合わせ用パターンを有し、前記光素子チップの発光面あるいは受光面の上部に略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面を有し、前記位置合わせ用パターンの一端に、光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有し、前記位置合わせ用パターンの前記第 1 の断面に露出したコア層の位置から所定距離離れた位置に、前記位置合わせ用パターン方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴とする光導波路付き光素子部品。

【請求項 1 8】 コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路付き光素子部品の製造方法であって、

半導体ウエハをチップに分離する以前の工程において該半導体ウエハ上にポリマー光導波路を形成する工程と、

前記ポリマー光導波路の樹脂を紫外線レーザでアブレーション加工し、光素子チップの発光面あるいは受光面となる面の上部に略斜め 4 5 度の鏡面を形成する工程と、

前記ポリマー光導波路の他の端部に光路方向に緩い角度を成す断面を形成する工程と、

を有することを特徴とする光導波路付き光素子部品の製造方法。

【請求項 1 9】 前記ポリマー光導波路を形成する工程が、ポリマー層を形成した後該ポリマー層に、前記発光面あるいは受光面となる面から少なくともコア層まで達する穴を形成する工程と、該穴を前記コア層と略同じ屈折率の樹脂で充填する工程とを有することを特徴とする請求項 1 8 記載の光導波路付き光素子部品の製造方法。

【請求項 2 0】 前記略斜め 4 5 度の鏡面を形成する工程が、前記ポリマー

光導波路の上クラッド層の上に金属膜パターンを形成する工程と、該金属膜パターンをマスクとして略斜め 4 5 度方向に紫外線レーザを照射してレーザアブレーション加工する工程とを有することを特徴とする請求項 1 8 記載の光導波路付き光素子部品の製造方法。

【請求項 2 1】 請求項 1 6 記載の光導波路付き光素子部品の前記第 1 の断面及び前記第 2 の断面に、請求項 2 記載の光導波路の前記第 1 の断面及び前記第 2 の断面をそれぞれ突き当て、かつ、光素子チップの第 1 の光導波路と第 2 の光導波路の表面を両者に共通の基準面に突き当てることで高さを合わせることを特徴とする光導波路の結合方法。

【請求項 2 2】 請求項 1 7 記載の光導波路付き光素子部品の前記第 1 の断面及び前記第 2 の断面に、請求項 5 記載の光導波路の前記第 1 の断面及び前記第 2 の断面をそれぞれ突き当て、第 1 の光導波路の薄膜層と第 2 の光導波路のコア層を厚さ方向で接触させること特徴とする光導波路の結合方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光導波路結合構造及び光導波路の結合方法、光導波路及びその製造方法、並びに光導波路付き光素子部品及びその製造方法に係り、詳しくは、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路結合構造及び光導波路の結合方法、光導波路及びその製造方法、並びに光導波路付き光素子部品及びその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

光を情報の伝送媒体として利用した光通信技術が広く普及してきている。このような光通信技術を実施するには、光電子基板上に発光素子、受光素子等の光素子チップを設けて、各光素子部品同士を光導波路を介して光学的に結合させるようにした光導波路結合構造（光モジュール）が用いられている。このような光伝送を行うには、光の減衰を抑えて光導波路を伝送させることが要求される。

【 0 0 0 3 】

図 3 4 は、従来の光導波路結合構造の一例を示す断面図である。同光導波路結合構造 1 0 0 は、図 3 4 に示すように、コア層 1 0 1 の上下面をそれぞれ上クラッド層 1 0 2 及び下クラッド層 1 0 3 で被覆したフィルム 1 0 4 を取り付けた石英基板 1 0 5 と、PD (Photo Diode: 面受光素子)、VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser: 面発光素子) 等の光素子チップ 1 0 6 を取り付けた光素子基板 1 0 7 とを有している。

【0 0 0 4】

フィルム 1 0 4 の一端には略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面 1 0 8 が形成されて、光導波路としてのフィルム 1 0 4 の他端からコア層 1 0 1 を矢印で示すように進行してきた光は、光路が鏡面 1 0 8 で垂直方向に変換される。そして、垂直変換された光は、石英基板 1 0 5 の裏面に配置されている第 1 のマイクロレンズ 1 0 9 により平行光に変換されて光素子チップ 1 0 6 に向けて出射される。

【0 0 0 5】

一方、光素子基板 1 0 7 の光素子チップ 1 0 6 上の上記第 1 のマイクロレンズ 1 0 9 に対向した位置には、樹脂層 1 1 1 を介して第 2 のマイクロレンズ 1 1 0 が配置されて、第 1 のマイクロレンズ 1 0 9 から出射された光は第 2 のマイクロレンズ 1 1 0 に入射されて、樹脂層 1 1 1 を介して光素子チップ (この場合は受光素子) 1 0 6 により受光されるようになっている。光素子チップ 1 0 6 として、上記と逆に発光素子を用いた場合は、この発光素子から発光された光は第 2 のマイクロレンズ 1 1 0 から第 1 のマイクロレンズ 1 0 9 に入射されて、上記の場合とは逆の経路をたどって、光導波路としてのフィルム 1 0 4 のコア層 1 0 1 を通過することになる。なお、石英基板 1 0 5 及び光素子基板 1 0 7 は共に、バンブ 1 1 2 を介してプリント基板等のベース基板 1 1 3 上に実装される。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の光導波路結合構造では、光導波路を通過してきた光を平行光に変換するためにマイクロレンズを必要とし、このマイクロレンズを所定位置に高精度で位置合わせしなければならないので、製造コストが高くなる、という問題がある。

すなわち、図 3 4 において、マイクロレンズ 1 0 9 を石英基板 1 0 5 上に配置するには、所定位置にマイクロレンズ 1 0 9 を略 1 μ m の高精度で配置しなければならないので、マイクロレンズ 1 0 9 の配置に高精度の位置合わせ作業が要求されるようになり、製造コストアップが避けられなかった。

【 0 0 0 7 】

この発明は、上述の事情に鑑みてなされたもので、高精度の位置合わせを不要にした光導波路結合構造及び光導波路の結合方法、光導波路及びその製造方法、並びに光導波路付き光素子部品及びその製造方法を提供することを目的としている。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項 1 記載の発明は、第 1 の光導波路と第 2 の光導波路とが光結合されてなる光導波路結合構造に係り、光素子チップ上に配置されて端部にそのコア層が緩い角度で斜めに露出するように形成された第 1 の断面及び該第 1 の断面から所定距離離れた位置に該第 1 の断面に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面を有する第 1 の光導波路と、ベース基板上に配置されて端部にそのコア層が緩い角度で斜めに露出するように形成された第 1 の断面及び該第 1 の断面から所定距離離れた位置に該第 1 の断面に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面を有する第 2 の光導波路とが、上記第 1 の断面同士を及び上記第 2 の断面同士を位置合わせすることにより結合されていることを特徴としている。

【 0 0 0 9 】

また、請求項 2 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路に係り、上記フィルムの端部に光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有し、該第 1 の断面に露出した上記コア層の位置から所定距離離れた位置に、上記第 1 の断面と上記フィルムの表面との交線に対して所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

また、請求項 3 記載の発明は、請求項 2 記載の光導波路に係り、上記第 1 の断面が上記フィルムの面に略垂直な面であることを特徴としている。

【 0 0 1 1 】

また、請求項 4 記載の発明は、請求項 2 記載の光導波路に係り、上記第 1 の断面が上記フィルムの面に非垂直の所定断面を成す面であることを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

また、請求項 5 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆した第 1 及び第 2 のフィルムを用いて構成した光導波路に係り、上記第 1 のフィルムの上に位置合わせ用パターンを備えた上記第 2 のフィルムを有し、上記位置合わせ用パターンの一端に光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有し、上記位置合わせ用パターンの上記第 1 の断面に露出した上記コア層の位置から所定距離離れた位置に、上記位置合わせ用パターン方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴としている。

【 0 0 1 3 】

また、請求項 6 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路の製造方法に係り、上記フィルムの端部に、光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を形成する工程と、上記第 1 の断面に露出した上記コア層の位置を測定する工程と、上記露出したコア層の位置から所定距離離れた位置に、上記フィルムの光路方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成する工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 1 4 】

また、請求項 7 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路の製造方法に係り、ベース基板上に金属膜パターンを形成する工程と、上記金属膜パターンを含む上記ベース基板上に上記フィルムを形成する工程と、上記金属膜パターンの上の上記フィルムの一部を、紫外線レーザのアブレーション加工により除去することで、上記フィルムの光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を形成する工程と、上記第 1 の断面に露出した上記コア層の位置を測定する工程と、上記露出したコア層の

位置から所定距離離れた上記金属膜パターンの上の位置に、上記第 1 の断面に所定角度を成す第 2 の断面をレーザアブレーション加工により形成する工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 8 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路の製造方法に係り、ベース基板上に形成する上記フィルムのコア層の上に金属膜を形成し、該金属膜の上にクラッド層を形成したフィルムを用いて、該クラッド層を紫外線レーザアブレーション加工で除去する工程と、上記金属膜をエッチングして除去する工程と、上記コア層による位置合わせ用パターンの端部に、該位置合わせ用パターンの方向に緩い角度を成す第 1 の断面を形成する工程と、上記第 1 の断面に露出した上記コア層の位置を測定する工程と、上記露出したコア層の位置から所定距離離れた位置に上記フィルムの光路方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成する工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

また、請求項 9 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路付き光素子部品に係り、光素子チップの上に上記フィルムを有し、該光素子チップの発光面あるいは受光面の上部に略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面を有し、上記フィルムの他の端部に、光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有することを特徴としている。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 1 0 記載の発明は、請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面から上記光素子チップの発光面あるいは受光面まで、上記コア層と略同じ屈折率を有する樹脂で充填された穴が形成されていることを特徴としている。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 1 1 記載の発明は、請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面に金属膜が形成され、該鏡面の上に樹脂が被覆されていることを特徴としている。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 1 2 記載の発明は、請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記光素子チップにスペーサを接着し、該スペーサ上に上記フィルムを形成した構造を有することを特徴としている。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 1 3 記載の発明は、請求項 1 2 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記スペーサが透明媒体で形成され、かつ、該スペーサが上記光素子チップから突出した構造を有することを特徴としている。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 4 記載の発明は、請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記第 1 の断面が上記光素子チップの面に略垂直な面であることを特徴としている。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 1 5 記載の発明は、請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記第 1 の断面が上記光素子チップの面に非垂直な所定角度を成す面であることを特徴としている。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 1 6 記載の発明は、請求項 9 記載の光導波路付き光素子部品に係り、上記フィルムの上記第 1 の断面に露出した上記コア層の位置から所定距離離れた位置に、上記フィルムの光路方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 7 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路付き光素子部品に係り、光素子チップの上に下クラッド層と上コア層と該上コア層と略同じ高さの側面クラッド層を有し、上記上コア層の上に薄膜クラッド層を形成し、上記上コア層による第 1 のフィルムと位置合わせ用パターンを有し、上記光素子チップの発光面あるいは受光面の上部に略斜め 4 5 度の傾斜を有する鏡面を有し、上記位置合わせ用パターンの一端に、光路方向に緩い角度を成す第 1 の断面を有し、上記

位置合わせ用パターンの上記第 1 の断面に露出したコア層の位置から所定距離離れた位置に、上記位置合わせ用パターン方向から所定角度を成す第 2 の断面を形成したことを特徴としている。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 1 8 記載の発明は、コア層の上下面をそれぞれ上クラッド層及び下クラッド層で被覆したフィルムを用いて構成した光導波路付き光素子部品の製造方法に係り、半導体ウエハをチップに分離する以前の工程において該半導体ウエハ上にポリマー光導波路を形成する工程と、上記ポリマー光導波路の樹脂を紫外線レーザでアブレーション加工し、光素子チップの発光面あるいは受光面となる面の上部に略斜め 4 5 度の鏡面を形成する工程と、上記ポリマー光導波路の他の端部に光路方向に緩い角度を成す断面を形成する工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 1 9 記載の発明は、請求項 1 8 記載の光導波路付き光素子部品の製造方法に係り、上記ポリマー光導波路を形成する工程が、ポリマー層を形成した後該ポリマー層に、上記発光面あるいは受光面となる面から少なくともコア層まで達する穴を形成する工程と、該穴を上記コア層と略同じ屈折率の樹脂で充填する工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 2 0 記載の発明は、請求項 1 8 記載の光導波路付き光素子部品の製造方法に係り、上記略斜め 4 5 度の鏡面を形成する工程が、上記ポリマー光導波路の上クラッド層の上に金属膜パターンを形成する工程と、該金属膜パターンをマスクとして略斜め 4 5 度方向に紫外線レーザを照射してレーザアブレーション加工する工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

また、請求項 2 1 記載の発明は、光導波路の結合方法に係り、請求項 1 6 記載の光導波路付き光素子部品の上記第 1 の断面及び上記第 2 の断面に、請求項 2 記載の光導波路の上記第 1 の断面及び上記第 2 の断面をそれぞれ突き当て、かつ、光素子チップの第 1 の光導波路と第 2 の光導波路の表面を両者に共通の基準面に

突き当てることで高さを合わせることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 2 2 記載の発明は、光導波路の結合方法に係り、請求項 1 7 記載の光導波路付き光素子部品の上記第 1 の断面及び上記第 2 の断面に、請求項 5 記載の光導波路の上記第 1 の断面及び上記第 2 の断面をそれぞれ突き当て、第 1 の光導波路の薄膜層と第 2 の光導波路のコア層を厚さ方向で接触させること特徴としている。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。説明は、実施例を用いて具体的に行う。

◇第 1 実施例

図 1 は、この発明の第 1 実施例である光導波路結合構造を示す平面図、図 2 は同光導波路結合構造を示す側面図、図 3 乃至図 7 は同光導波路結合構造の一方の構成要素である第 1 の光導波路の製造方法を工程順に示す工程図、図 8 は同光導波路結合構造の他方の構成要素である第 2 の光導波路の製造方法を示す図、図 9 は同光導波路結合構造を製造するために用いる紫外線レーザ加工装置の構成を概略的に示す図である。

この例の光導波路結合構造 1 0 は、図 1 及び図 2 に示すように、光素子チップ 1 9 上に配置されて端部にそのコア層 2 が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第 1 の断面 1 5 及びこの第 1 の断面 1 5 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面 1 6 を有する第 1 の光導波路 1 と、ベース基板 2 1 上に配置されて端部にそのコア層 2 2 が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第 1 の断面 2 9 及びこの第 1 の断面 2 9 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 2 9 に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面 3 0 を有する第 2 の光導波路 1 8 とが、上記第 1 の断面 1 5、2 9 同士を及び上記第 2 の断面 1 6、3 0 同士を位置合わせすることにより結合されている。

【 0 0 3 1 】

次に、図 3 ～図 7 を参照して、同光導波路結合構造 1 0 の一方の構成要素である第 1 の光導波路 1 の製造方法を工程順に説明する。

まず、図 3 (a) に示すように、例えばポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、シロキサンポリマー樹脂等の透光性樹脂から成るコア層 2 の上下面を、それぞれ透光性樹脂から成る上クラッド層 3 及び下クラッド層 4 で被覆した第 1 のフィルム 5 を形成する。ここで、シングルモードの場合、コア層 2 は略 $10\ \mu\text{m}$ 、上クラッド層 3 は略 $20\ \mu\text{m}$ 、下クラッド層 4 は略 $50\ \mu\text{m}$ の各厚さに形成され、コア層 2 の幅は $10\ \mu\text{m}$ に形成されている。一方、マルチモードの場合は、コア層 2 は略 $50\ \mu\text{m}$ 、上クラッド層 3 は略 $40\ \mu\text{m}$ 、下クラッド層 4 は略 $70\ \mu\text{m}$ の各厚さに形成され、コア層 2 の幅は略 $50\ \mu\text{m}$ に形成されている。

【 0 0 3 2 】

次に、図 3 (b) に示すように、紫外線レーザ加工装置により、第 1 のフィルム 5 の上クラッド層 3 から下クラッド層 4 に達する穴部 6 を形成する。ここで、穴部 6 の径は、シングルモードの場合は略 $10\ \mu\text{m}$ に、マルチモードの場合は略 $50\ \mu\text{m}$ に形成される。この穴部 6 は、後述するように第 1 のフィルム 5 の端部に鏡面 8 を形成する場合の穴壁面となる。上述のような穴部 6 のレーザ加工は、図 9 に示したような紫外線レーザ加工装置 5 0 を用いて、例えば F H G (4 倍高調波 Y A G レーザ) により発生される波長が略 $266\ \text{nm}$ の紫外線を第 1 のフィルム 5 に照射して行う。あるいは、エキシマレーザを利用して、K r F 媒体から発生される波長が略 $248\ \text{nm}$ の紫外線や、A r F 媒体から発生される波長が略 $193\ \text{nm}$ の紫外線を照射して加工するようにしても良い。なお、穴部 6 は少なくともコア層 2 に達する深さまで形成されていれば良い。

【 0 0 3 3 】

上述の紫外線レーザ加工装置 5 0 は、図 9 に示すように、紫外線レーザ光源 5 1 と、紫外線レーザ光源 5 1 から発生された紫外線を Y 方向に走査する Y 方向走査ガルバノミラー 5 2 と、紫外線を X 方向に走査する X 方向走査ガルバノミラー 5 3 と、紫外線を集光する紫外線レーザ集光レンズ 5 4 と、被加工体である第 1 のフィルム 5 を支持し X 方向駆動機構 (図示せず) 及び Y 方向駆動機構 (図示せず) により駆動される X Y テーブル 5 5 と、被加工体の加工部を観察する C C D

カメラ 5 6 とを有している。

【 0 0 3 4 】

次に、図 3 (c) に示すように、穴部 6 にコア層 2 と同じ屈折率の樹脂を注入し、硬化させて樹脂層 7 を形成する。この樹脂層 7 は、コア層 2 と共に光信号を伝送させる光導波路としての役割を担うようになる。

【 0 0 3 5 】

次に、図 3 (d) に示すように、紫外線レーザ加工装置 5 0 を用いて、例えば上述の Y A G レーザにより波長が略 2 6 6 n m の紫外線を第 1 のフィルム 5 に対し、斜め 4 5 度の方向に傾けて照射してアブレーション加工を施して、コア層 2 と樹脂層 7 とを含む位置に略 4 5 度の鏡面 8 を形成する。この鏡面 8 は、コア層 2 を進行してきた光の光路を樹脂層 7 に向かわせるように垂直方向に変換するように作用し、あるいは樹脂層 7 を進行してきた光の光路をコア層 2 に向かわせるように垂直方向に変換するように作用する。

【 0 0 3 6 】

また、エキシマレーザを利用して鏡面 8 を加工する場合には、エキシマレーザは発生する紫外線が広がり易い性質があるので、図 6 (a) に示すように、予め非加工面を例えば A l 、 C u 等の金属マスク 9 で遮蔽しておく。この金属マスク 9 は、蒸着、めっき、あるいは金属泊転写等の方法で形成する。次に、図 6 (b) に示すように、第 1 のフィルム 5 の加工面のみに波長が略 2 4 8 n m 、あるいは略 1 9 3 n m の紫外線を、斜め 4 5 度の方向に傾けて照射してアブレーション加工を施して、コア層 2 と樹脂層 7 とを含む位置に略 4 5 度の鏡面 8 を形成するようにする。あるいは、鏡面 8 の形成は、紫外線レーザ加工装置に代えてダイヤモンドカッターを用いて加工するようにしても良い。

以上により、第 1 の光導波路 1 が製造される。この第 1 の光導波路 1 は、さらに以下のような製造工程を経て光導波路付き光素子部品として製造される。

【 0 0 3 7 】

次に、図 4 及び図 5 に示すように、第 1 のフィルム 5 を半導体ウエハ 1 1 上に、コア層 2 と同じ屈折率の接着剤 1 2 を用いて接着する。半導体ウエハ 1 1 上には、予め面発光素子あるいは面受光素子（いずれも図示せず）等の光素子チップ

1 9 が形成されていて、図 5 に示すように、第 1 のフィルム 5 をその樹脂層 7 が面発光素子の発光面 1 4 A あるいは面受光素子の受光面 1 4 B に位置合わせされるように接着する。これにより、面発光素子の発光面 1 4 A あるいは面受光素子の受光面 1 4 B は、第 1 の光導波路 1 を構成する第 1 のフィルム 5 の一端に結合されたことになる。

【 0 0 3 8 】

次に、図 7 (a) に示すように、紫外線レーザ加工装置 5 0 を用いて、上述のように半導体ウエハ 1 1 上の面発光素子の発光面あるいは面受光素子の受光面に一端が結合された第 1 の光導波路 1 を構成する第 1 のフィルム 5 の他の端部に、第 1 の断面 1 5 を形成する。すなわち、第 1 のフィルム 5 のコア層 2 の縦断面が光路方向に対して、略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように第 1 の断面 1 5 を形成する。この第 1 の断面 1 5 の形成は、前述したように、Y A G レーザにより、あるいはエキシマレーザにより発生された紫外線を、Y 方向走査ガルバノミラー 5 2 及び X 方向走査ガルバノミラー 5 3 で位置合わせして被加工面に照射することにより、容易に形成することができる。

【 0 0 3 9 】

上述のような第 1 の断面 1 5 を形成することにより、第 1 のフィルム 5 のコア層 2 の幅 W は、次式で示すように、略 1 0 倍に拡大された値 $W 1$ となって露出されることになる。

すなわち、 $\sin \theta = W / W 1$ から、 $\theta = 6^\circ$ を代入すると、

$$\sin 6^\circ = 0.104 = W / W 1$$

$$\therefore W 1 \doteq 9.6 W$$

したがって、前述したようにコア層 2 の幅を略 $10 \mu m$ に設定したとすると、このコア層 2 は第 1 の断面 1 5 においては、略 $96 \mu m$ に拡大されて露出されることになる。

【 0 0 4 0 】

次に、図 7 (b) に示すように、第 1 のフィルム 5 の第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に第 2 の断面 1 6 を形成する。これには、まず第 1 の断面 1 5 の端部の位置を、紫外線レーザ加工装置 5 0 の C C D カメラ 5 6 により、あるいはレー

ザ走査により検出する。そして、その位置の第 1 の断面 1 5 の方向に沿った限界点を測定する。次に、第 1 の断面 1 5 に沿って所定距離離れた位置に、上述の第 1 の断面 1 5 の形成方法と略同様な方法で、第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に第 2 の断面 1 6 を形成する。この第 2 の断面 1 6 の形成位置は、予め第 1 の断面 1 5 の方向に沿った限界点が測定されていることで、妥当な位置が選ばれる。以上により、図 7 (b) に示すように、第 1 の光導波路 1 を構成する第 1 のフィルム 5 に、コア層 2 を緩い角度 θ で斜めに露出する第 1 の断面 1 5 と、この第 1 の断面 1 5 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に第 2 の断面 1 6 が形成される。この第 1 及び第 2 の断面 1 5、1 6 は、後述するように、第 1 の光導波路 1 を第 2 の光導波路 1 8 に突き当てて光導波路結合構造を完成させる際の、位置合わせ基準面として用いられる。

【 0 0 4 1 】

次に、図 5 に示すように、紫外線レーザ加工装置 5 0 を用いて、第 1 のフィルム 5 の一部を除去してこの位置にスペーサ 1 3 を接着する。このスペーサ 1 3 は、後述するように、第 1 の光導波路 1 を第 2 の光導波路 1 8 に突き当てて光導波路結合構造を完成させる際の、位置合わせ基準面として用いられる。次に、半導体ウエハ 1 1 をダイヤモンドカッターを用いて個々の光素子チップ 1 9 に分離する。以上により、光素子チップ 1 9 上に第 1 の光導波路 1 が形成された光導波路付き光素子部品 2 0 が製造される。

【 0 0 4 2 】

次に、図 8 を参照して、同光導波路結合構造 1 0 の他方の構成要素である第 2 の光導波路の製造方法を説明する。

まず、図 8 (a) に示すように、透光性樹脂から成るベース基板 2 1 を用いて、このベース基板 2 1 上の所望位置を例えば A 1、C u 等の金属マスク 2 6 で遮蔽する。この金属マスク 2 6 は、後述するように紫外線レーザにより第 2 のフィルム 2 5 を加工して第 2 の光導波路 1 8 を形成する場合に、非加工面以外が加工されるのを防止するために用いる。ベース基板 2 1 上には、複数の光素子チップ 1 9 が配置されるので、ベース基板 2 1 は光素子チップ 1 9 に比較して大きな面積のものが用いられる。

【 0 0 4 3 】

次に、透光性樹脂から成るコア層 2 2 の上下面を、それぞれ透光性樹脂から成る上クラッド層 2 3 及び下クラッド層 2 4 で被覆した第 2 のフィルム 2 5 を形成して、この第 2 のフィルム 2 5 をベース基板 2 1 上に、下クラッド層 2 4 と同じ屈折率の接着剤を用いて接着する。ここで、シングルモードの場合、コア層 2 2 は略 $10\ \mu\text{m}$ 、上クラッド層 2 3 は略 $20\ \mu\text{m}$ 、下クラッド層 2 4 は略 $20\ \mu\text{m}$ の各厚さに形成され、コア層 2 2 の幅は $10\ \mu\text{m}$ に形成されている。一方、マルチモードの場合は、コア層 2 2 は略 $50\ \mu\text{m}$ 、上クラッド層 2 3 は略 $40\ \mu\text{m}$ 、下クラッド層 2 4 は略 $40\ \mu\text{m}$ の各厚さに形成され、コア層 2 2 の幅は略 $50\ \mu\text{m}$ に形成されている。

【 0 0 4 4 】

次に、図 8 (b) に示すように、紫外線レーザ加工装置 5 0 を用いて、第 2 の光導波路 1 8 を構成する第 2 のフィルム 2 5 の端部に、第 1 の断面 2 9 を形成する。すなわち、第 2 のフィルム 2 5 のコア層 2 2 の縦断面が光路方向に対して、略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように第 1 の断面 2 9 を形成する。この第 1 の断面 2 9 の形成は、前述した第 1 の光導波路 1 における第 1 の断面 1 5 の形成と略同様に、YAG レーザにより、あるいはエキシマレーザにより発生された紫外線を、Y 方向走査ガルバノミラー 5 2 及び X 方向走査ガルバノミラー 5 3 で位置合わせして被加工面に照射することにより、容易に形成することができる。このように、第 1 の断面 2 9 を形成することにより、第 2 のフィルム 2 5 のコア層 2 2 の幅 W は、前述した第 1 のフィルム 5 の場合と同様な理由で、略 10 倍に拡大された値 $W1$ となって露出されることになる。

【 0 0 4 5 】

次に、第 2 のフィルム 2 5 の第 1 の断面 2 9 に対して略垂直方向に第 2 の断面 3 0 を形成する。これには、まず第 1 の断面 2 9 の端部の位置を、紫外線レーザ加工装置 5 0 の CCD カメラ 5 6 により、あるいはレーザ走査により検出する。次に、その位置の第 1 の断面 2 9 の方向に沿った限界点を測定する。次に、第 1 の断面 2 9 に沿って所定距離離れた位置に、上述の第 1 の光導波路 1 における第 1 の断面 1 5 の形成方法と略同様な方法で、第 1 の断面 2 9 に対して略垂直方向

に第2の断面30を形成する。この第2の断面30の形成位置は、予め第1の断面29の方向に沿った限界点が測定されていることで、妥当な位置が選ばれる。以上により、図8（b）に示すように、第2の光導波路18を構成する第2のフィルム25に、コア層22を緩い角度 θ で斜めに露出する第1の断面29と、この第1の断面29に対して略垂直方向に第2の断面30が形成される。この第1及び第2の断面29、30は、後述するように、第1の光導波路1を第2の光導波路18に突き当てて光導波路結合構造を完成させる際の、位置合わせ基準面として用いられる。以上により、第2の光導波路18を構成する第2のフィルム25を有するベース基板21が製造される。

【0046】

次に、図2を参照して、前述の光導波路付き光素子部品20及びベース基板21を用いて光導波路結合構造10を製造する方法について説明する。

まず、図2に示すように、ベース基板21上に光導波路付き光素子部品20を配置して、第1の光導波路1と第2の光導波路18を対向させて、両光導波路1、18の高さ方向の位置合わせをする。この位置合わせは、光素子チップ19上のスペーサ13の表面を共通の基準面にして、この基準面に第2の光導波路18を突き当てることで行う。以下、高さ方向の位置合わせ方法について説明する。

【0047】

前述したように、第1の光導波路1を構成する第1のフィルム5の下クラッド層4の厚さは、略 $50\mu\text{m}$ に形成されている。一方、第2の光導波路18を構成する第2のフィルム25の上クラッド層23の厚さは、略 $20\mu\text{m}$ に形成されている。したがって、スペーサ13として、厚さが略 $30\mu\text{m}$ のものをを用いて、ベース基板21の第2のフィルム25の上クラッド層23をスペーサ13の表面に突き当てることにより、第1の光導波路1のコア層2の高さと、第2の光導波路18のコア層22の高さは一致する（共に光素子チップ19からの高さ寸法は $50\mu\text{m}$ となる）ので、高さ方向の位置合わせが終了する。このように、各光導波路1、18の厚さに応じた厚さのスペーサ13を用いることにより、第1の光導波路1と第2の光導波路18の高さが一致するように簡単に調整することができる。さらに、この例では各コア層2、22の厚さは略 $10\mu\text{m}$ と同じに形成され

ているので、均一な光導波路を確保することができる。

【 0 0 4 8 】

なお、上述の高さ方向の位置合わせを行うには、スペーサ 1 3 を基準面として行う方法以外にも、第 2 の光導波路 1 8 に形成したベース基板 2 1 の一部に予め金属膜等により鏡面を形成しておいて、この鏡面を基準面としてこれに第 1 の光導波路 1 を突き当てて行うようにしても良い。

【 0 0 4 9 】

次に、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 の水平方向の位置合わせを行う。

これは、図 1 に示したように、既に形成されている第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 の第 1 の断面 1 5、2 9 同士を、及び第 2 の断面 1 6、3 0 同士を突き当てることで行う。実際には、対向する断面同士は、コア層と同じ屈折率を有する接着剤により接着されることが望ましい。この場合、前述したように第 1 の断面 1 5、2 9 は共に、各コア層 2、2 2 の幅が略 1 0 倍に拡大されて露出されているので、位置精度を略 1 桁緩くした状態で水平方向の位置合わせを行うことができる。図 1 では、説明を理解し易くするために、第 1 の断面 1 5、2 9 同士、第 2 の断面同士 1 6、3 0 が接着前に対向している状態で示している。

【 0 0 5 0 】

このような第 1 実施例によれば、次のような効果を得ることができる。

(1) 光素子チップ 1 9 上に形成した第 1 の光導波路 1 と、ベース基板 2 1 上に形成した第 2 の光導波路 1 8 との高さ方向の位置合わせを、基準面に第 2 の光導波路 1 8 を突き当てることで行う一方、水平方向の位置合わせを、第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 の各コア層 2、2 2 の幅が略 1 0 倍に拡大されて露出された第 1 の断面 1 5、2 9 同士を突き当てて行うので、高さ方向の位置合わせを簡単に行うことができると共に、水平方向の位置合わせを位置精度に余裕をもって行うことができる。

(2) ベース基板 2 1 の第 2 の光導波路 1 8 は、光素子チップ 1 9 に比べて寸法が長いので高精度で形成するのが困難であったが、加工精度に余裕が出てきたことに伴って、所定の精度の光導波路を簡単に製造することができる。

(3) 光素子チップに分離する前の半導体ウェハ 11 に第 1 の光導波路 1 を形成するので、多数の光素子チップ 19 に同時に第 1 の光導波路 1 を設けることができ、光導波路付き光素子部品 20 の製造コストを低減することができる。

(4) 第 1 の光導波路 1 を進行してきた光は鏡面 8 により光路が垂直方向に変換されて樹脂層 7 を通過するので、屈折率の異なる界面が存在しないため、界面での反射による戻り光を少なくすることができる。

【0051】

図 10 は、第 1 実施例の第 1 の変形例である光導波路結合構造を示す平面図、図 11 は図 10 の A-A 矢視断面図である。この第 1 の変形例の光導波路結合構造の構成が、上述の第 1 実施例のそれと異なるところは第 2 の光導波路をベース基板に形成することなくそのまま用いるようにした点である。

この例の光導波路結合構造 32 は、図 10 及び図 11 に示すように、第 2 のフィルム 25 から構成された第 2 の光導波路 18 はベース基板を不要となしてそのまま用いられて、光素子チップ 19 上で第 1 の光導波路 1 に突き当てられている。この場合、第 2 の光導波路 18 は、光素子チップ 19 の表面を基準面として用いて、コア層 22 と同じ屈折率の接着剤により第 1 の光導波路 1 に接着される。

これ以外は、上述した第 1 実施例と略同様である。それゆえ、図 10 及び図 11 において、図 1 及び図 2 の構成部分と対応する各部には、同一の番号を付してその説明を省略する。

【0052】

このように、この例によっても、第 1 実施例において述べたのと略同様な効果を得ることができる。

加えて、この例によれば、ベース基板を不要として第 2 の光導波路を形成するので、第 2 の光導波路の構成を簡単にすることができる。

【0053】

図 12 は、第 1 実施例の第 2 の変形例である光導波路結合構造を示す平面図である。この第 2 の変形例の光導波路結合構造の構成が、上述の第 1 実施例のそれと異なるところは、第 1 の光導波路の形状を矩形状に形成するようにした点である。

この例の光導波路結合構造 3 3 は、図 1 2 に示すように、第 1 の光導波路 1 の形状が矩形状に形成されてその一辺に第 1 の断面 1 5 が形成されると共に、他の辺に第 1 の断面 1 5 と略垂直方向になる第 2 の断面 1 6 が形成されている。一方、ベース基板 2 1 の上記第 1 の光導波路 1 を対向する位置には矩形状の開口部 3 4 が設けられて、この開口部 3 4 の一辺には第 2 の光導波路 1 8 の第 1 の断面 2 9 が形成されると共に、他の辺には第 1 の断面 2 9 と略垂直方向になる第 2 の断面 3 0 が形成されている。そして、第 1 の断面 1 5、2 9 同士が及び第 2 の断面 1 6、3 0 同士が位置合わせされている。

【 0 0 5 4 】

このように、この例によっても、第 1 実施例において述べたのと略同様な効果を得ることができる。

【 0 0 5 5 】

◇第 2 実施例

図 1 3 は、この発明の第 2 実施例である光導波路結合構造を示す側面図、図 1 4 は図 1 3 の B - B 矢視断面図である。この第 2 実施例の光導波路結合構造の構成が、上述の第 1 実施例のそれと大きく異なるところは、第 1 の光導波路側に凹部を形成すると共に光素子チップ側に凸部を形成して、凹部及び凸部を利用して第 1 の光導波路を光素子チップに接着するようにした点である。

この例の光導波路結合構造 3 6 は、図 1 3 及び図 1 4 に示すように、光素子チップ 1 9 に面発光素子あるいは面受光素子等による凸部 3 7 が形成され、第 1 の光導波路 1 の下クラッド層（光素子チップ側）2 には凸部 3 7 に対応した凹部となる漏斗状の穴部 3 8 が形成されて、その凸部 3 7 が穴部 3 8 に位置合わせされることにより樹脂層 3 9 を介して第 1 の光導波路 1 が光素子チップ 1 9 に接着されている。また、光素子チップ 1 9 には、予めスペーサ 1 3 が設けられて第 1 の光導波路 1 はスペーサ 1 3 を介して光素子チップ 1 9 に接着されている。

【 0 0 5 6 】

次に、同光導波路結合構造 3 6 の製造方法を説明する。

まず、図 1 5 に示すように、コア層 2 の上下面を、それぞれ上クラッド層 3 及び下クラッド層 4 で被覆した第 1 のフィルム 5 を形成して、第 1 の光導波路 1 を

構成する。次に、後述するように、スペーサ 13 を突き当てる部分以外の下クラッド層 4 にこの下クラッド層 4 と同じ屈折率の樹脂層 40 を塗布して半硬化させる。次に、紫外線レーザ加工装置 50 あるいはダイヤモンドカッターを用いて、第 1 のフィルム 5 の端部に略 45 度の鏡面 8 を形成する。次に、鏡面 8 に位置合わせして紫外線レーザによるアブレーション加工により、樹脂層 40 から下クラッド層 4 に至る漏斗状の穴部 38 を形成する。

【 0 0 5 7 】

次に、図 16 に示すように、予め面発光素子あるいは面受光素子等の光素子チップが形成された半導体ウエハ 11 を用意して、光素子チップ以外の面にスペーサ（図 13 のスペーサ 13）を接着する。半導体ウエハ 11 表面には面発光素子あるいは面受光素子等による凸部 37 が存在している。

【 0 0 5 8 】

次に、第 1 の光導波路 1 を構成している第 1 のフィルム 5 を半導体ウエハ 11 表面に接着する。これには、まず漏斗状の穴部 38 にコア層 2 と同じ屈折率の樹脂層 39 を充填した後、漏斗状の穴部 38 に半導体ウエハ 11 の凸部 37 を位置合わせするように挿入して、第 1 のフィルム 5 を半導体ウエハ 11 表面のスペーサ 13 に突き当てる。そして、加圧・加熱を施して樹脂層 39 及び予め形成した半硬化状の樹脂層 40 を熔融させて第 1 のフィルム 5 を半導体ウエハ 11 表面に接着する。

以下は、第 1 実施例の場合と略同様な工程を経ることにより、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 18 とを結合して光導波路結合構造 36 を完成させる。

【 0 0 5 9 】

次に、この例の光導波路結合構造 36 の動作について説明する。第 1 のフィルム 5 に漏斗状の穴部 38 が形成されていることにより、コア層 2 を通過する光が上下クラッド層 3、4 にしみ出すエバネッセント光が穴部 38 の樹脂層 39（コア層として働く）に突き当たる場合に、樹脂層 39 と下クラッド層 4 の界面での反射光は、水平方向から角度 $2\theta_0$ （ θ_0 は穴部 38 の壁面が垂線となす角度）の方向に反射する。このとき、一例として樹脂層 39 の屈折率を 1.535、下クラッド層 4 の屈折率を 1.530 とすると、両値の差は 0.005 となり、上記

界面における全反射の臨界角度は略 85.4 度となる。すなわち、コア層 2 の光路方向から略 4.6 度以下の傾きをなす光は、上記界面で全反射する。

【0060】

このため、上記角度 θ_0 が略 4.6 度以上の傾きを有する場合は、樹脂層 39 による反射光は光路方向から略 4.6 度以内の偏角をなす全反射光の全てに対して、水平方向から略 4.6 度以上の角度の方向に全反射される。これは、全反射の限界以上の角度であるため、上記界面で全反射せずに光導波路 1 の外側に放出されて、光路を逆戻りすることがない。一般に、コア層の屈折率を n_1 とし、クラッド層の屈折率を n_0 ($n_0 < n_1$) とすると、漏斗状の穴部 38 の樹脂層 39 の壁面での反射光が、光導波路 1 の外側に放出されるための上記角度 θ_0 は以下の式で示される値以上であれば良い。

$$\theta_0 = \arccos(n_0 / n_1)$$

【0061】

また、界面をなす両層の屈折率が略同じである場合、この界面でのブリュースター角は 45 度であるので、漏斗状の穴部 38 の壁面がフィルム 5 の面から 45 度をなす場合は、フィルム 5 の面に垂直な電界成分の偏波についてはその界面での反射が生じない。

【0062】

このような第 2 実施例によれば、第 1 実施例における効果に加えて次のような効果を得ることができる。

(1) コア層 2 の周囲の上下クラッド層 3、4 にしみ出すエバネッセント光が、垂直コア層である樹脂層 39 と下クラッド層 4 との界面で反射する際に光路を逆戻りしない方向に反射するため、光路に逆戻りする光を少なくすることができる。

(2) 漏斗状の穴部 38 を形成する前に略 45 度の鏡面 8 を形成するので、漏斗状の穴部 38 を形成する際に、鏡面 8 から露出したコア層 2 に位置合わせできるため、高い位置精度で形成することができる。

(3) スペーサ 13 とフィルム 5 とを介在物を挟まないで直接に突き当てるので、スペーサ 13 の厚さ調整を行わなくとも、スペーサ 13 の面を基準面として

フィルム 5 と他のフィルムとの高さを容易に合わせることができる。

【 0 0 6 3 】

◇第 3 実施例

図 1 7 及び図 1 8 は、この発明の第 3 実施例である光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。以下、同光導波路付き光素子部品の製造方法を説明する。

まず、図 1 7 (a) に示すように、予め面発光素子あるいは面受光素子等の光素子チップが形成された半導体ウエハ 1 1 を用意して、スピコート法により全面に透光性樹脂を塗布した後、硬化させて下クラッド層 4 を形成する。

なお、下クラッド層 4 の形成方法としては、図 1 9 に示すように、下クラッド層用の樹脂フィルム 4 7 にこれと同じ屈折率の樹脂層 4 8 を塗布したフィルムを用いて、加圧・加熱を施して樹脂層 4 8 を溶融させてそのフィルムを半導体ウエハ 1 1 表面に接着するようにしても良い。

【 0 0 6 4 】

次に、図 1 7 (b) に示すように、紫外線レーザ加工装置 5 0 により、半導体ウエハ 1 1 の光素子チップの発光面あるいは受光面の上の部分の下クラッド層 4 に穴部 4 3 を形成する。

【 0 0 6 5 】

次に、図 1 7 (c) に示すように、スピコート法により全面に紫外線硬化性樹脂を塗布する。次に、紫外線硬化性樹脂に露光マスクを合わせた後、所望の領域のみに紫外線を照射し、現像してコア層 2 を形成する。次に、図 1 7 (d) に示すように、スピコート法により全面に透光性樹脂を塗布した後、硬化させて上クラッド層 3 を形成する。

【 0 0 6 6 】

次に、図 1 8 (e) に示すように、上クラッド層 3 の非加工面を例えば A l 、 C u 等の金属マスク 4 4 で遮蔽しておく。この金属マスク 4 4 は、例えばリフトオフ法により形成する。次に、図 1 8 (f) に示すように、金属マスク 4 4 を用いて紫外線レーザを斜め 4 5 度の方向に傾けて照射して、コア層 2 を含む位置に略 4 5 度の鏡面 8 を形成する。あるいは、金属マスク 4 4 を用いずに、紫外線

レーザによるアブレーション加工を施して鏡面 8 を形成するようにしても良い。

【 0 0 6 7 】

次に、図 1 8 (g) に示すように、蒸着により A 1 等の金属層 4 5 を形成して鏡面 8 を覆う。次に、穴部 4 3 に樹脂層 4 6 を充填して鏡面 8 及び光素子チップの表面を保護する。以上により、光素子チップ 1 9 上に第 1 の光導波路 1 が形成された光導波路付き光素子部品 2 0 が製造される。

以下は、第 1 実施例の場合と略同様な工程を経ることにより、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 とを結合して光導波路結合構造を完成させる。

【 0 0 6 8 】

このような第 3 実施例によれば、第 1 実施例における効果に加えて次のような効果を得ることができる。

半導体ウエハ 1 1 上に、スピンコート法により樹脂を順次に塗布して第 1 の光導波路 1 を形成し、光素子チップの発光面あるいは受光面に位置合わせして穴部 4 3 を形成すると共に、コア層 2 を含む位置に略 4 5 度の鏡面 8 を形成するので、穴部 4 3 及び鏡面 8 を精度良く形成することができる。

【 0 0 6 9 】

◇第 4 実施例

図 2 0 及び図 2 1 は、この発明の第 4 実施例である光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。以下、同光導波路付き光素子部品の製造方法を説明する。

まず、図 2 0 (a) に示すように、コア層 2 の上下面を、それぞれ上クラッド層 3 及び下クラッド層 4 で被覆した第 1 のフィルム 5 を形成し、上クラッド層 3 の非加工面を例えば A 1 、 C u 等の金属マスク 4 4 で遮蔽しておくと共に、下クラッド層 4 にこの下クラッド層 4 と同じ屈折率の樹脂層 4 0 を塗布して半硬化させる。また、予め面発光素子あるいは面受光素子等の光素子チップが形成された半導体ウエハ 1 1 を用意する。

【 0 0 7 0 】

次に、図 2 0 (b) に示すように、コア層 2 を光素子チップの発光面あるいは受光面に位置合わせし、加圧・加熱を施して樹脂層 4 0 を溶融させて第 1 のフィ

ルム 5 を半導体ウエハ 1 1 表面に接着する。次に、紫外線レーザ加工装置 5 0 に
より、半導体ウエハ 1 1 の光素子チップの発光面あるいは受光面の上の部分に、
樹脂層 4 0 に至る穴部 4 9 を形成する。次に、図 2 1 (c) に示すように、穴部
4 9 にコア層 2 と同じ屈折率の樹脂層 6 0 を充填して、硬化させる。

【 0 0 7 1 】

次に、図 2 1 (d) に示すように、金属マスク 4 4 を用いて紫外線レーザを斜
め 4 5 度の方向に傾けて照射して、コア層 2 を含む位置に略 4 5 度の鏡面 8 を形
成する。あるいは、金属マスク 4 4 を用いなくて、紫外線レーザによるアブレ
ーション加工を施して鏡面 8 を形成するようにしても良い。

【 0 0 7 2 】

次に、図 2 1 (e) に示すように、蒸着により A 1 等の金属層 4 5 を形成して
鏡面 8 を覆う。次に、穴部 4 3 に樹脂層 4 6 を充填して鏡面 8 及び光素子チップ
の表面を保護する。以上により、光素子チップ 1 9 上に第 1 の光導波路 1 が形成
された光導波路付き光素子部品 2 0 が製造される。

以下は、第 1 実施例の場合と略同様な工程を経ることにより、第 1 の光導波路
1 と第 2 の光導波路 1 8 とを結合して光導波路結合構造を完成させる。

【 0 0 7 3 】

このような第 4 実施例によれば、第 1 実施例における効果に加えて次のような
効果を得ることができる。

予め樹脂層 4 0 を塗布した第 1 のフィルム 5 を用いて樹脂層 4 0 により半導体
ウエハ 1 1 に接着して第 1 の光導波路 1 を形成するので、半導体ウエハ 1 1 の製
造工程と独立した工程で光導波路 1 が形成できるため、光導波路 1 の製造方法の
自由度が高くなり、製造コストを低減することができる。

【 0 0 7 4 】

◇第 5 実施例

図 2 2 は、この発明の第 5 実施例である光導波路結合構造を示す平面図である。
この第 5 実施例の光導波路結合構造の構成が、上述の第 1 実施例のそれと大き
く異なるところは、それぞれ複数のコア層を形成した第 1 の光導波路及び第 2 の
光導波路を用いて一体に結合するようにした点である。

この例の光導波路結合構造 4 2 は、図 2 2 に示すように、略平行な 2 つのコア層 2 A、2 B が形成された第 1 の光導波路 1 と、略平行な 2 つのコア層 2 2 A、2 2 B が形成された第 2 の光導波路 1 8 とが用いられ、第 1 の光導波路 1 はコア層 2 A が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第 1 の断面 1 5 及びこの第 1 の断面 1 5 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に形成されてコア層 2 B が露出するように形成された第 2 の断面 1 6 を有し、第 2 の光導波路 1 8 はコア層 2 2 A が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第 1 の断面 2 9 及びこの第 1 の断面 2 9 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 2 9 に対して略垂直方向に形成されてコア層 2 2 B が露出するように形成された第 2 の断面 3 0 を有し、上記第 1 の断面 1 5、2 9 同士を及び上記第 2 の断面 1 6、3 0 同士を位置合わせすることにより一体に結合されている。

【 0 0 7 5 】

次に、同光導波路結合構造 4 2 を製造する方法について説明する。

まず、光素子チップ 1 9 上に略平行な 2 つのコア層 2 A、2 B が形成された第 1 の光導波路 1 を用意すると共に、必要に応じてベース基板上に略平行な 2 つのコア層 2 2 A、2 2 B が形成された第 2 の光導波路 1 8 を用意する。次に、第 1 の光導波路 1 にコア層 2 A が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように第 1 の断面 1 5 を形成する。次に、第 1 の断面 1 5 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向にコア層 2 B が露出するように第 2 の断面 1 6 を形成する。

【 0 0 7 6 】

同様にして、第 2 の光導波路 1 8 にコア層 2 2 A が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように第 1 の断面 2 9 を形成する。次に、第 1 の断面 2 9 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 2 9 に対して略垂直方向にコア層 2 2 B が露出するように第 2 の断面 3 0 を形成する。

【 0 0 7 7 】

次に、第 1 の光導波路 1 及び第 2 の光導波路 1 8 を用いて、それぞれの第 1 の断面 1 5、2 9 同士、第 2 の断面同士 1 6、3 0 同士を突き当てることにより位

置合わせして、光導波路結合構造 4 2 を完成させる。

【 0 0 7 8 】

なお、第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 において、2 つのコア層 2 A、2 B あるいは 2 2 A、2 2 B のうち、一方のコア層例えばコア層 2 B、2 2 B は実際の光伝送には使用しないダミーのものをを用いて、第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 を結合するための位置合わせ用基準としてのみ用いるようにしても良い。

【 0 0 7 9 】

このような第 5 実施例によれば、第 1 実施例における効果に加えて次のような効果を得ることができる。

複数のコア層が形成された第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 を用いて、それぞれの第 1 の断面 1 5、2 9 同士、第 2 の断面同士 1 6、3 0 同士を突き当てることにより位置合わせするようにしたので、同時に高い精度で位置合わせを行うことができる。

【 0 0 8 0 】

◇第 6 実施例

図 2 3 は、この発明の第 6 実施例である光導波路結合構造を示す平面図、図 2 4 は図 2 3 の C - C 矢視断面図、図 2 5 は図 2 3 の D - D 矢視断面図、また、図 2 6 は同光導波路結合構造の製造方法を工程順に示す工程図、図 2 7 は同光導波路結合構造の製造方法を工程順に示す工程図、図 2 8 は同光導波路結合構造の製造方法を工程順に示す工程図、図 2 9 は同光導波路結合構造に用いられるベース基板を示す斜視図、図 3 0 は同光導波路結合構造に用いられるベース基板を示す平面図である。この第 6 実施例の光導波路結合構造の構成が、上述の第 1 実施例のそれと大きく異なるところは、第 1 の光導波路と第 2 の光導波路とにより方向性結合器を形成するようにした点である。

この例の光導波路結合構造 6 2 は、光素子チップ 1 9 上に形成された第 1 の光導波路 1 と、ベース基板 2 1 上に形成された第 2 の光導波路 1 8 とが、第 1 の光導波路 1 のコア層 2 上に形成されコア層 2 よりも低い屈折率の薄膜層 6 3 を介して結合されて、第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 により方向性結合器が形成されて、一方の光導波路から他方の光導波路に略 1 0 0 % の光を伝達できるように構

成されている。

【 0 0 8 1 】

次に、図 2 6 (a) を参照して、同光導波路結合構造 6 2 の製造方法を説明する。

まず、図 2 6 (a) に示すように、コア層 2 の下面を下クラッド層 4 で被覆すると共にその側面を側クラッド層 1 7 で被覆した第 1 のフィルム 5 を形成する。次に、フィルム 5 の全面にコア層 2 よりも低い屈折率の薄膜層 6 3 を数 μm の厚さに形成する。また、下クラッド層 4 にこの下クラッド層 4 と同じ屈折率の樹脂層 4 0 を塗布して半硬化させる。ここで、薄膜層 6 3 は後述するように方向性結合器を形成する役割を担うように作用する。

【 0 0 8 2 】

次に、図 2 6 (b) に示すように、コア層 2 を光素子チップの発光面あるいは受光面に位置合わせし、加圧・加熱を施して樹脂層 4 0 を溶融させて第 1 のフィルム 5 を半導体ウエハ 1 1 表面に接着する。

【 0 0 8 3 】

次に、図 2 6 (c) に示すように、紫外線レーザ加工装置 5 0 により、半導体ウエハ 1 1 の光素子チップの発光面あるいは受光面の上の部分に、樹脂層 4 0 に至る穴部 4 9 を形成する。次に、穴部 4 9 にコア層 2 と同じ屈折率の樹脂層 6 0 を充填して、硬化させる。

【 0 0 8 4 】

次に、図 2 6 (d) に示すように、紫外線レーザを斜め 4 5 度の方向に傾けて照射して、コア層 2 を含む位置に略 4 5 度の鏡面 8 を形成する。次に、紫外線レーザ加工により、位置合わせ用のコア層 3 1 が略 6 度の緩い角度で斜めに露出するように第 1 の断面 1 5 を形成する。次に、第 1 の断面 1 5 に沿って所定距離離れた位置に、上述の第 1 の断面 1 5 の形成方法と略同様な方法で、第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に第 2 の断面 1 6 を形成する。図 2 7 は、この時点における第 1 の光導波路 1 の平面図である。

【 0 0 8 5 】

次に、図 2 8 (a) に示すように、ベース基板 2 1 を用いて、上クラッド層 2

3 及び下クラッド層 2 4 で被覆した第 2 のフィルム 2 5 をコア層 2 2 と同じ屈折率の接着剤を用いて接着する。また、ベース基板 2 1 と下クラッド層 2 4 との間、コア層 2 2 と上クラッド層 2 3 との間の所望の位置に金属マスク 9 を形成しておく。

【 0 0 8 6 】

次に、図 2 8 (b) に示すように、第 2 のフィルム 2 5 の上クラッド層 2 3 の位置合わせパターンの部分を、紫外線レーザのアブレーション加工により金属マスク 9 に至るまで除去して、開口部 6 5 を形成する。これにより、ベース基板 2 1 に上記第 1 の断面 1 5 に対応した第 2 の断面 2 9 を形成して、位置合わせ用のコア層露出させる。次に、第 1 の断面 2 9 の方向に所定距離離れた位置に、上記第 2 の断面 1 6 に対応した第 2 の断面 3 0 を形成する。次に、図 2 8 (c) に示すように、コア層 2 2 上の金属マスク 9 を除去する。以上により、第 2 の光導波路 1 8 がベース基板 2 1 上に形成される。

【 0 0 8 7 】

次に、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 とを結合して光導波路結合構造 6 2 を完成させる。この場合、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 の水平方向の位置合わせは、図 2 3 ～図 2 4 に示すように、第 2 の光導波路 1 8 に第 1 の光導波路 1 を、先に形成した第 1 の断面 1 5、2 9 同士を重ね合わせ、かつ、第 2 の断面 1 6、3 0 同士を突き当てて位置合わせを行う。そして、第 2 の光導波路 1 8 のコア層 2 2 表面に第 1 の光導波路 1 の薄膜層 6 3 を押し当てる。これにより、第 1 実施例と同様に、光路方向に沿った位置合わせを高精度で行うことができる。

【 0 0 8 8 】

一方、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 は、コア層よりも屈折率の低い薄膜層 6 3 を介してコア層同士が結合するので、方向性結合器が形成される。この方向性結合器は、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 との間を光が 1 0 0 % 伝送するように、その薄膜層 6 3 の厚さ及び両光導波路 1、1 8 の接触する長さを形成する。以下、その構造を詳細に説明する。

【 0 0 8 9 】

すなわち、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 は、上下接続領域の厚さ $1\ \mu\text{m}$ の薄膜層 6 3 とそれぞれのコア層 2、2 2 とから成る方向性結合器により光結合している。この方向性結合器は、薄膜層 6 3 とコア層の比屈折率差が 0.01 程度であれば、薄膜層 6 3 の屈折率をコア層の屈折率で割った値を n とし、光の波長を λ とし、薄膜層 6 3 の厚さを d とすれば、おおむね、 $\exp(-2 \cdot \pi \cdot ((1 - n^2)^{1/2}) \cdot d / \lambda)$ 程度の率で減衰するエバネッセント光を上下接続層にしみ出して伝達する。ここで、コア層の屈折率を 1.535 とし、薄膜層 6 3 の屈折率を 1.530 とすると、 $n = 0.9967$ となり、 $\lambda = 1.3\ \mu\text{m}$ とすると、方向性結合器により、光は $d = 1.8\ \mu\text{m}$ で半減し、 $d = 6\ \mu\text{m}$ で $1/10$ 以下に小さくなる。そのため、薄膜層 6 3 を介して光導波路の一方のコア層から他方のコア層に光がしみ出すモード結合定数 κ を持つ。モード結合定数 κ の値は、光導波路のコア層の厚さを t とすると、以下の式で示される。

$$\kappa \sim (\lambda / t^2) \cdot \exp(-2 \cdot \pi \cdot ((1 - n^2)^{1/2}) \cdot d / \lambda) \quad \dots (式 1)$$

【0090】

ここで、一方のコア層から他方のコア層に移る光束量は、薄膜層 6 3 の光の進行方向の長さ z に応じて周期的に変動する。そして、以下の式 2 で表される長さ z において、全光束が光導波路の一方のコア層から他方のコア層に完全に移行する。

$$z = (\pi / 2) / \kappa \quad \dots (式 2)$$

ここで、 $n = 0.9967$ とし、さらに、 $\lambda = 1.3\ \mu\text{m}$ の光で、 $t = 10\ \mu\text{m}$ 、 $d = 1\ \mu\text{m}$ とすると、上記 (式 1) 及び (式 2) から、 $z = 229\ \mu\text{m}$ が得られる。そのため、薄膜層 6 3 の領域は光の進行方向に $229\ \mu\text{m}$ の距離を有する寸法で形成される。すなわち、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 を厚さ $2\ \mu\text{m}$ の薄膜層 6 3 を介して $229\ \mu\text{m}$ の長さで接触させることで、100% の光を一方の光導波路から他方の光導波路に伝達させる。

なお、第 2 の光導波路 1 8 から第 1 の光導波路 1 に、一部の光を伝達させるため、薄膜層 6 3 の長さを短くしても良い。その場合、第 2 の光導波路 1 8 から第 1 の光導波路 1 に移行した光以外の残りの光が、第 2 の光導波路 1 8 の光路の下

流でさらに結合させた他の第 1 の光導波路 1 に光を導入することができる。

【 0 0 9 1 】

このような第 6 実施例によれば、第 1 実施例における効果に加えて次のような効果を得ることができる。

第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 を上下で接触させることで、互いの光導波路の高さ方向の厚さを高精度で合わせる必要がないため、光導波路の製造の制約が少なくなり、両光導波路の製造が容易になる。

【 0 0 9 2 】

◇ 第 7 実施例

図 3 1 は、この発明の第 7 実施例である光導波路結合構造を示す平面図、図 3 2 は図 3 1 の E - E 矢視断面図、図 3 3 は同光導波路結合構造を製造するために用いる紫外線レーザ加工装置の構成を概略的に示す図である。この第 7 実施例の光導波路結合構造の構成が、上述の第 2 実施例のそれと大きく異なるところは、第 1 及び第 2 の光導波路のそれぞれの第 1 及び第 2 の断面をベース基板に傾斜した面として形成するようにした点である。

この例の光導波路結合構造 6 6 は、第 1 の光導波路 1 の第 1 の断面 1 5 及び第 2 の断面 1 6 がベース基板 2 1 に対して略 4 5 度の傾斜面として形成されていると共に、第 2 の光導波路 1 8 の第 1 の断面 2 9 及び第 2 の断面 3 0 が同様に、ベース基板 2 1 に対して略 4 5 度の傾斜面として形成されている。

このように、この例によれば、第 2 の実施例における第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 のそれぞれの第 1 の断面 1 5、1 6 及び第 2 の断面 2 9、3 0 がベース基板 2 1 に対して共に垂直な面として形成されていた構造と比べて、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 を結合する場合に両光導波路 1、1 8 の結合部分をベース基板 2 1 の上方から容易に確認することができるようになる。

【 0 0 9 3 】

それぞれの第 1 の断面 1 5、1 6 及び第 2 の断面 2 9、3 0 の形成は、図 3 3 に示すような紫外線レーザ加工装置 7 0 を用いて行う。この紫外線レーザ加工装置 7 0 は、紫外線レーザ光源 7 1 と、紫外線レーザ光源 7 1 から発生された紫外線を集光する集光レンズ 7 2 と、被加工体である第 1 の光導波路 1 付きのベース

基板 21 を支持する X Y テーブル 73 と、被加工体の加工部を観察する CCD カメラ 74 と、照明光源 75 とを有している。ここで、紫外線レーザ光源 71 は図示しない駆動源により実線位置（第 1 の光学系統）から破線位置（第 2 の光学系統）に移動可能に構成されている。第 1 の光学系統により第 2 の光導波路 18 に紫外線レーザを略 45 度傾けて照射することにより第 1 の断面 29 が形成され、第 2 の光学系統により第 2 の光導波路 18 に紫外線レーザを略 45 度傾けて照射することにより第 2 の断面 30 が形成されるようになっている。第 1 の光導波路 1 に対しても略同様な紫外線レーザ加工が行われる。

【0094】

次に、図 31 及び図 32 を参照して、同光導波路結合構造 66 の製造方法を説明する。

まず、光素子チップ 19 にガラスから成るスペーサ 13 を接着する。次に、ベース基板 21 の表面に、紫外線レーザ加工する部分の下地として金属マスク 9 を形成した後、第 2 の光導波路 18 を接着する。次に、紫外線レーザ加工装置 70 を用いて、第 1 の光学系統により第 2 の光導波路 18 に紫外線レーザを略 45 度傾けて照射することにより、コア層 22、上クラッド層 23 及び下クラッド層 24 を斜めに除去して、ベース基板 21 に対しては斜め 45 度の面で、光導波路 18 の光路方向に対しては緩い傾斜を持つ第 1 の断面 15 を形成する。次に、露出したコア層 22 と上下クラッド層 23、24 との界面を CCD カメラ 74 により検出する。

【0095】

次に、コア層 22 の端部の位置を計測して、その座標に基づいて第 2 の断面の加工位置を計算して、この加工位置へ X Y テーブル 73 によりベース基板 21 を移動する。次に、第 2 の光学系統により第 2 の光導波路 18 に紫外線レーザを略 45 度傾けて照射することにより、コア層 22、上クラッド層 23 及び下クラッド層 24 を斜めに除去して、第 2 の断面 16 を形成する。以上のような紫外線レーザ加工において、金属マスク 9 は非加工部を保護するように働く。

【0096】

次に、光素子チップ 19 上の第 1 の光導波路 1 に対しても、第 2 の光導波路 1

8 の場合と同様に紫外線レーザ加工を施して、第 2 の光導波路 1 8 の第 1 の断面 2 9 に対応した第 1 の断面 1 5 及び第 2 の光導波路 1 8 の第 2 の断面 3 0 に対応した第 2 の断面 1 6 を形成する。この場合、スペーサ 1 3 をガラスで構成することにより、金属マスクの形成は不要になる。

【 0 0 9 7 】

次に、図 3 2 に示すように、第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 1 8 を、スペーサ 1 3 を第 1 の光導波路 1 と第 2 の光導波路 2 の共通の基準面として、この基準面に第 2 の光導波路 1 8 の表面を突き当てることで高さを合わせる。さらに、第 2 の光導波路 1 8 に対する第 1 の光導波路 1 の水平方向の位置合わせを、第 1 の断面 1 5、2 9 同士を突き当て、かつ第 2 の断面 1 6、3 0 同士を突き当てることで行う。次に、第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 の結合部分を、透明なスペーサ 1 3 の上方から顕微鏡で観察して検査する。この場合、結合部分は第 1 の断面 1 5、2 9 及び第 2 の断面が斜め 4 5 度の傾斜面に形成されているので、容易に行うことができる。

【 0 0 9 8 】

このような第 6 実施例によれば、第 2 実施例における効果に加えて次のような効果を得ることができる。

第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 の第 1 の断面 1 5、2 9 及び第 2 の断面 1 6、3 0 が共にベース基板 2 1 に対して略 4 5 度の傾斜面として形成されているので、第 1 及び第 2 の光導波路 1、1 8 の結合部分をベース基板 2 1 の上方から容易に確認することができる

【 0 0 9 9 】

以上、この発明の実施例を図面により詳述してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更などであってもこの発明に含まれる。例えば、第 1 の光導波路あるいは第 2 の光導波路のコア層を緩い角度で斜めに露出するように第 1 の断面を形成する場合、その角度を略 6 度に形成する例で説明したが、この値は略 3 0 度以内であれば効果的である。ここで、角度が 3 0 度の例では、コア層の幅は略 2 倍に拡大されて露出されることになる。また、第 1 の光導波路と第 2 の光導波路を結合する場合は

、露出面同士を接着剤により接着する、あるいは加圧により露出面同士を接触させる等の方法をとることができる。また、各光導波路におけるコア層、上クラッド層及び下クラッド層の厚さは一例を示したものであり、目的、用途等により任意の変更が可能である。

【0100】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明の光導波路結合構造及び光導波路の結合方法、光導波路及びその製造方法、並びに光導波路付き光素子部品及びその製造方法によれば、光素子チップ上に配置されて端部にそのコア層が緩い角度で斜めに露出するように形成された第1の断面及びこの第1の断面から所定距離離れた位置に第1の断面に対して略垂直方向に形成された第2の断面を有する第1の光導波路と、ベース基板上に配置されて端部にそのコア層が緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第1の断面及びこの第1の断面から所定距離離れた位置に第1の断面に対して略垂直方向に形成された第2の断面を有する第2の光導波路とが、第1の断面同士を及び第2の断面同士を位置合わせすることにより結合されているので、第1の光導波路と第2の光導波路との結合を容易になる。

したがって、高精度の位置合わせを不要にして光導波路結合構造を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の第1実施例である光導波路結合構造を示す平面図である。

【図2】

同光導波路結合構造を示す側面図である。

【図3】

同光導波路結合構造の一方の構成要素である第1の光導波路の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図4】

同光導波路結合構造の一方の構成要素である第1の光導波路の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 5】

同光導波路結合構造の一方の構成要素である第 1 の光導波路の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 6】

同光導波路結合構造の一方の構成要素である第 1 の光導波路の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 7】

同光導波路結合構造の一方の構成要素である第 1 の光導波路の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 8】

同光導波路結合構造の他方の構成要素である第 2 の光導波路の製造方法を示す図である。

【図 9】

同光導波路結合構造を製造するために用いる紫外線レーザ加工装置の構成を概略的に示す図である。

【図 1 0】

この発明の第 1 実施例の第 1 の変形例である光導波路結合構造を示す平面図である。

【図 1 1】

図 1 0 の A - A 矢視断面図である。

【図 1 2】

この発明の第 1 実施例の第 2 の変形例である光導波路結合構造を示す平面図である。

【図 1 3】

この発明の第 2 実施例である光導波路結合構造を示す側面図である。

【図 1 4】

図 1 3 の B - B 矢視断面図である。

【図 1 5】

同光導波路結合構造の製造方法を示す断面図である。

【図 1 6】

同光導波路結合構造の製造方法を概略的に示す図である。

【図 1 7】

この発明の第 3 実施例である光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 1 8】

同光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 1 9】

同光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 2 0】

この発明の第 4 実施例である光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 2 1】

同光導波路付き光素子部品の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 2 2】

この発明の第 5 実施例である光導波路結合構造を示す平面図である。

【図 2 3】

この発明の第 6 実施例である光導波路結合構造を示す平面図である。

【図 2 4】

図 2 3 の C - C 矢視断面図である。

【図 2 5】

図 2 3 の D - D 矢視断面図である。

【図 2 6】

同光導波路結合構造の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 2 7】

同光導波路結合構造の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 2 8】

同光導波路結合構造の製造方法を工程順に示す工程図である。

【図 2 9】

同光導波路結合構造に用いられるベース基板を示す斜視図である。

【図 3 0】

同光導波路結合構造に用いられるベース基板を示す平面図である。

【図 3 1】

この発明の第 7 実施例である光導波路結合構造を示す平面図である。

【図 3 2】

図 3 1 の E - E 矢視断面図である。

【図 3 3】

同光導波路結合構造を製造するために用いる紫外線レーザ加工装置の構成を概略的に示す図である。

【図 3 4】

従来の光導波路結合構造を示す側面図である。

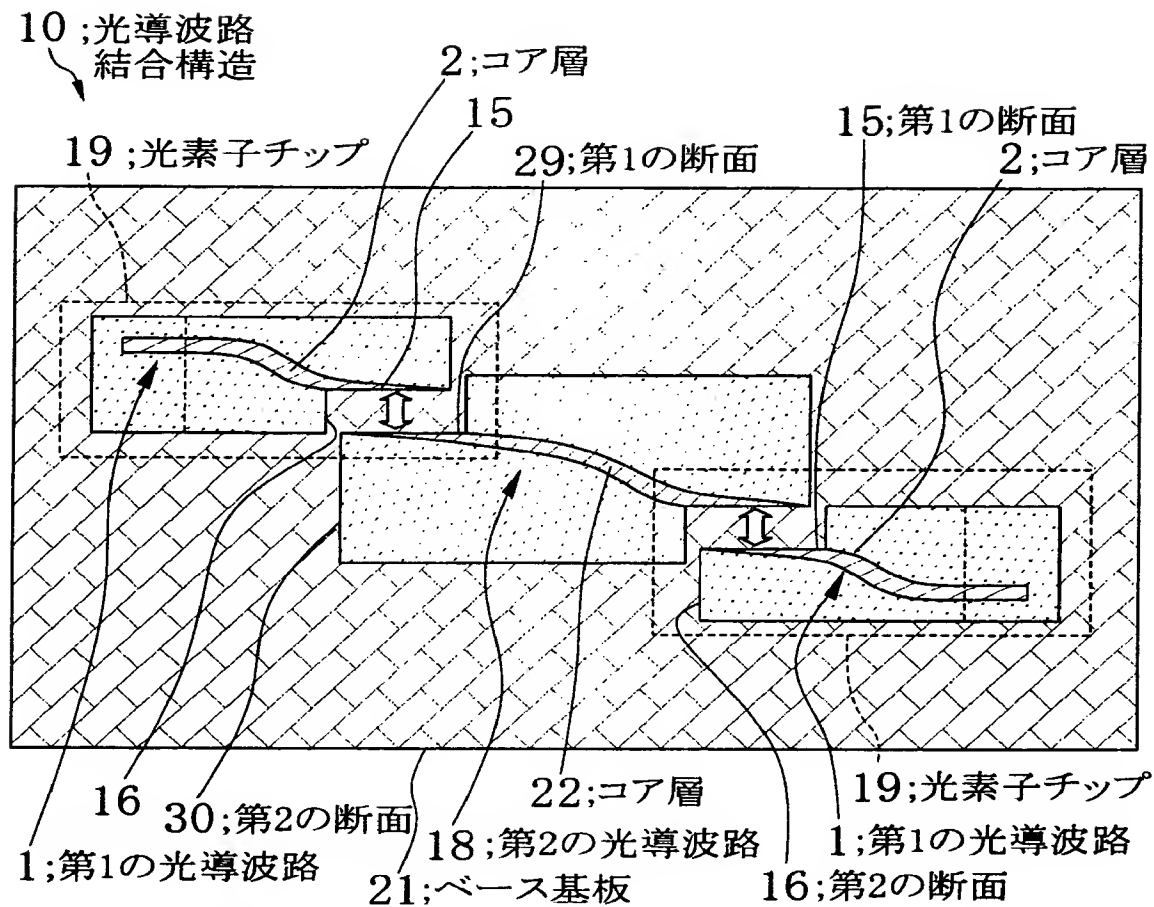
【符号の説明】

- 1 第 1 の光導波路
- 2、2 A、2 B、2 2、2 2 A、2 2 B コア層
- 3、2 3 上クラッド層
- 4、2 4 下クラッド層
- 5 第 1 のフィルム
- 6 穴部
- 7、3 9、4 0、4 6、4 8、6 0 樹脂層
- 8 鏡面
- 9、2 6、4 4 金属マスク
- 1 0、3 2、3 3、3 6、4 2、6 2、6 6 光導波路結合構造
- 1 1 半導体ウエハ
- 1 2 接着剤
- 1 3 スペース
- 1 4 A 発光面
- 1 4 B 受光面
- 1 5、2 9 第 1 の断面

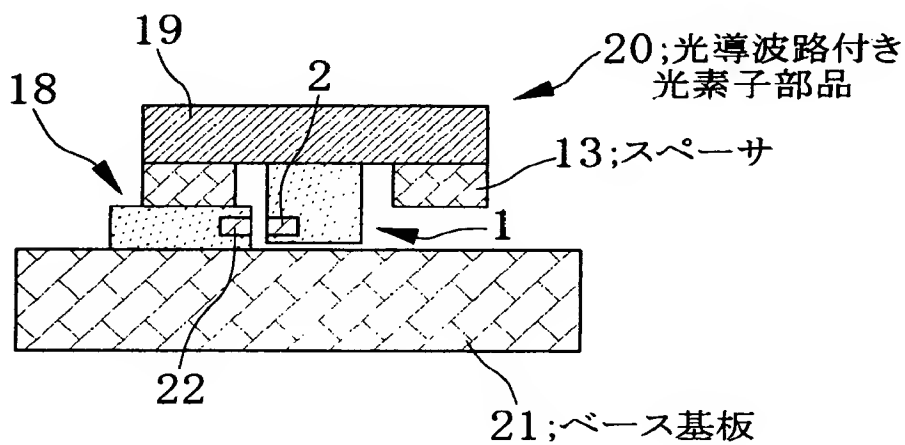
- 1 6、3 0 第 2 の断面
- 1 7 側クラッド層
- 1 8 第 2 の光導波路
- 1 9 光素子チップ
- 2 0 光導波路付き光素子部品
- 2 1 ベース基板
- 2 5 第 2 のフィルム
- 3 1 位置合わせ用のコア層
- 3 4、6 5 開口部
- 3 7 凸部
- 3 8 漏斗状の穴部
- 4 3、4 9 穴部
- 4 5 金属層
- 4 7 樹脂フィルム
- 5 0、7 0 紫外線レーザ加工装置
- 5 1、7 1 紫外線レーザ光源
- 5 2 Y 方向走査ガルバノミラー
- 5 3 X 方向走査ガルバノミラー
- 5 4 紫外線レーザ集光レンズ
- 5 5 X Y テーブル
- 5 6、7 3 C C D カメラ
- 6 3 薄膜層

【書類名】 図面

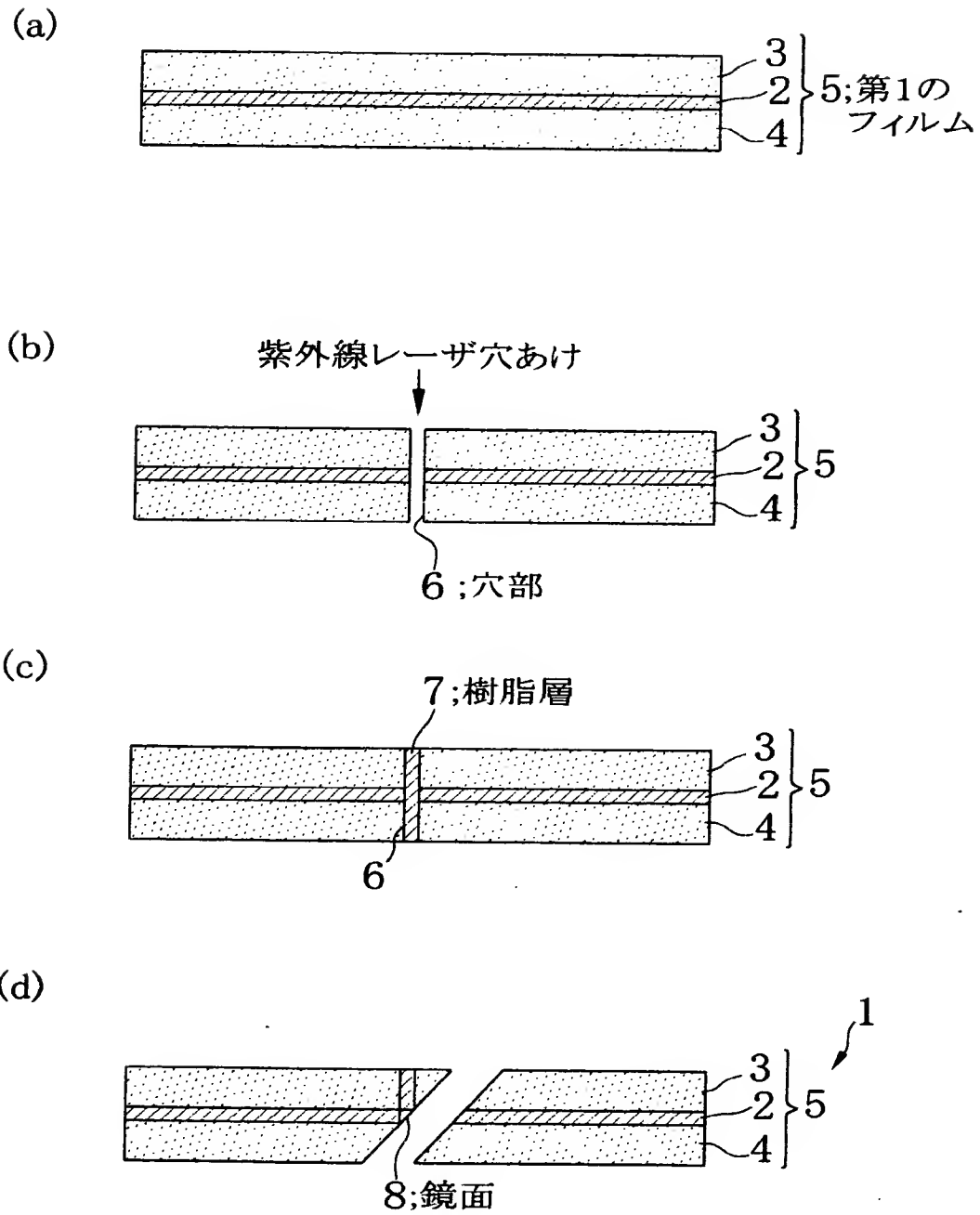
【図1】



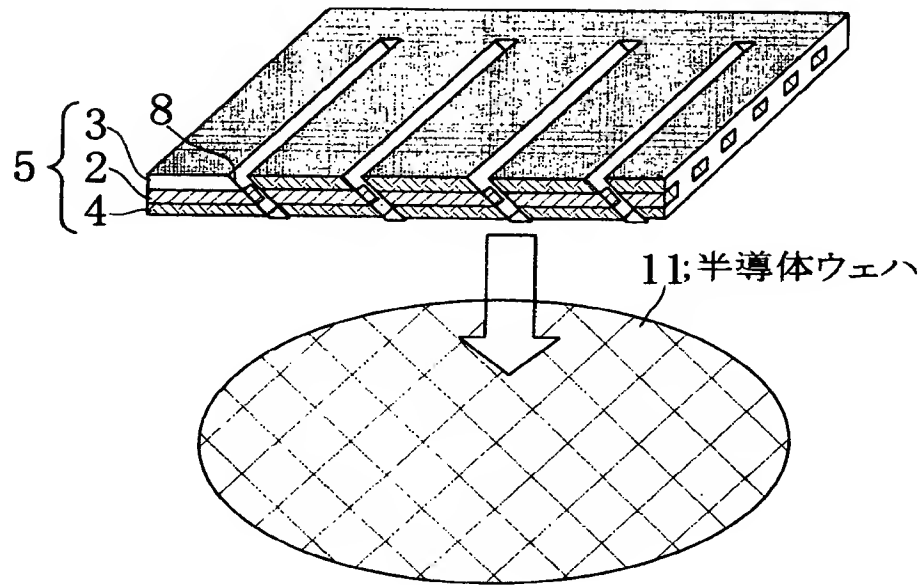
【図2】



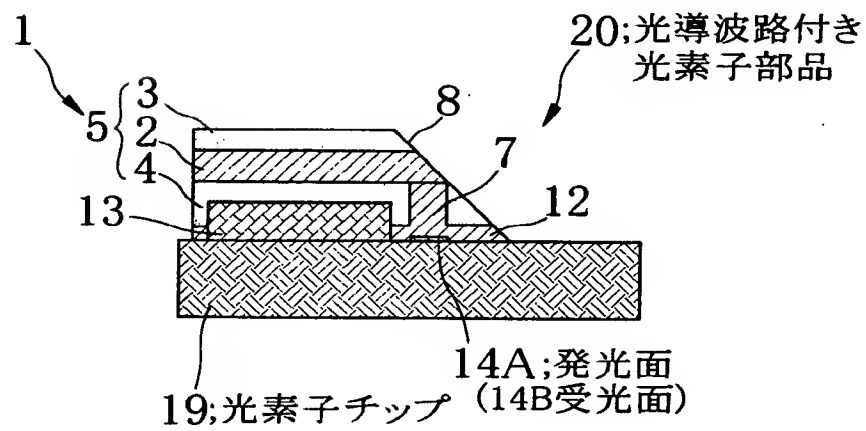
【図 3】



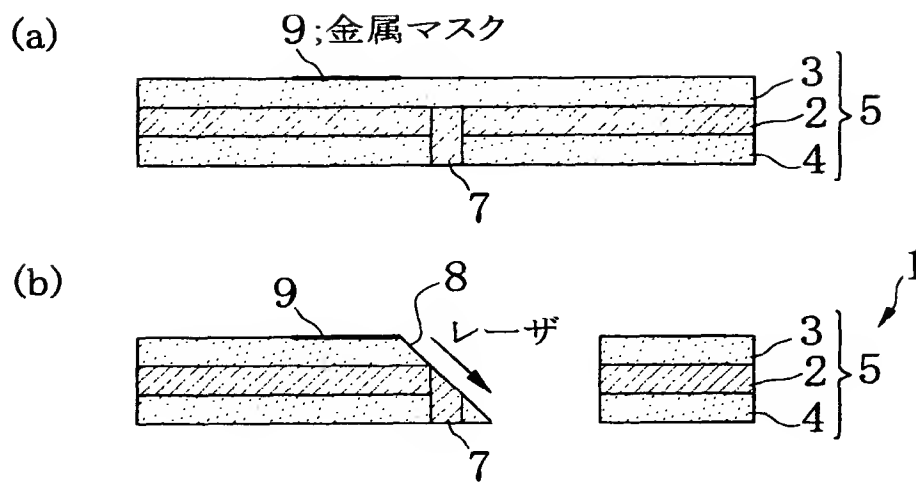
【図 4】



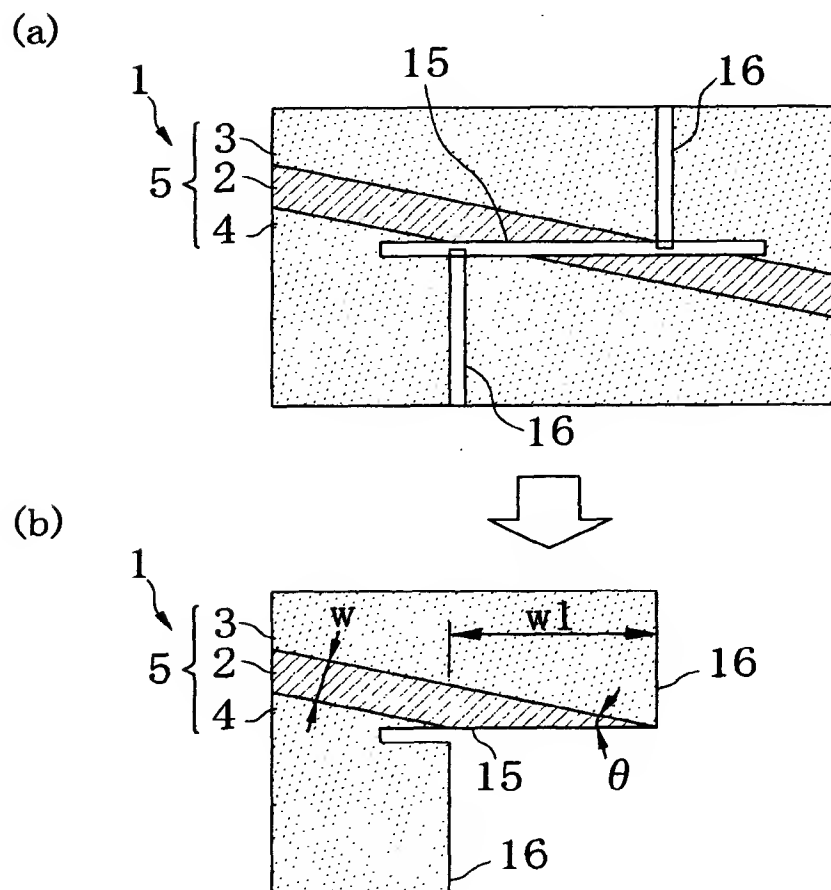
【図 5】



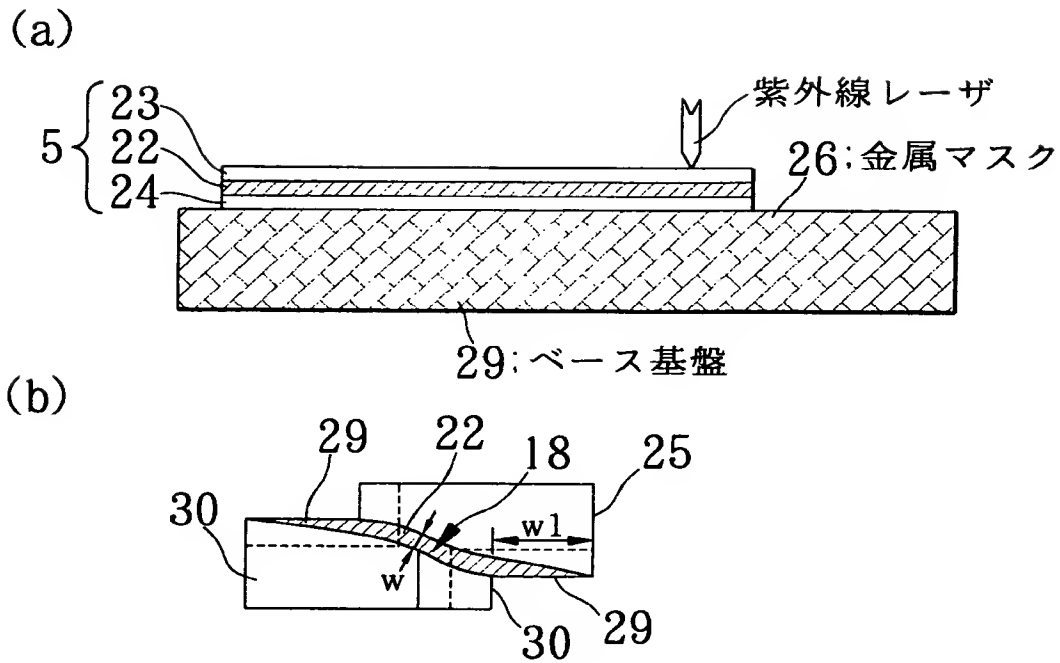
【図 6】



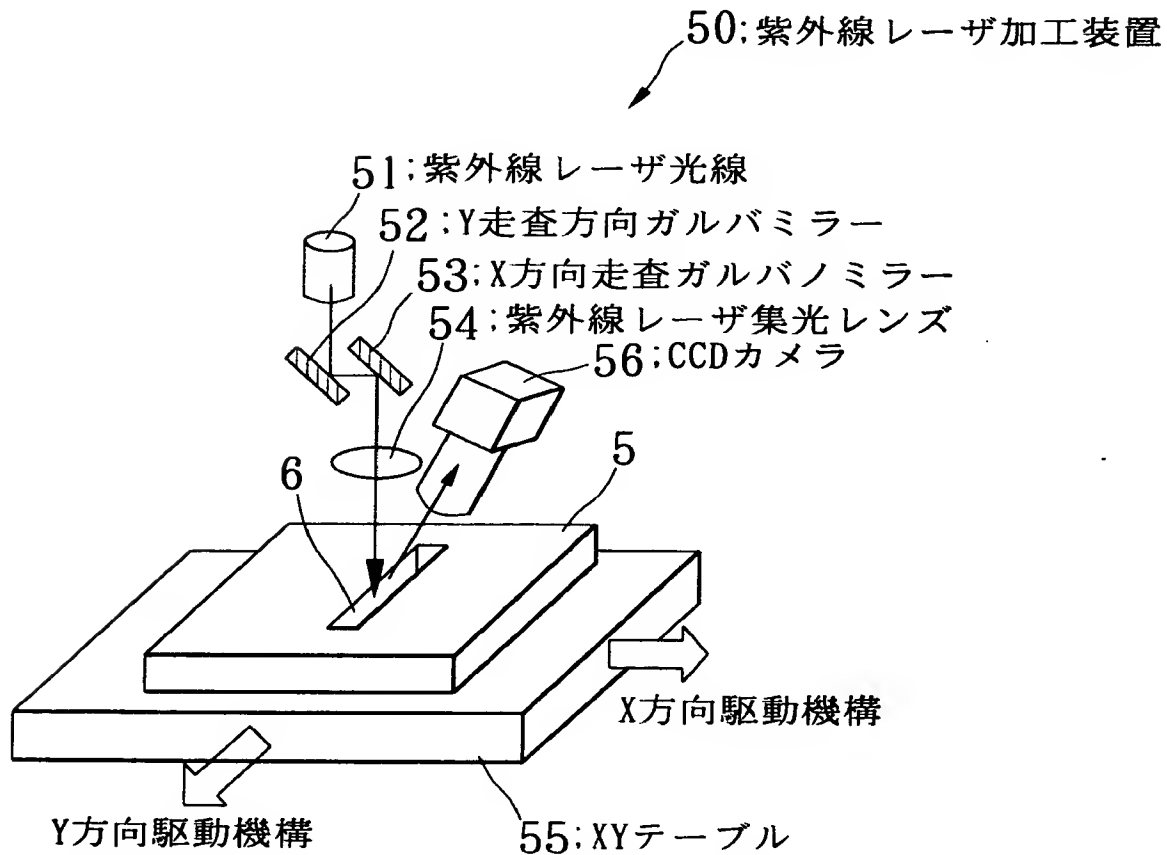
【図 7】



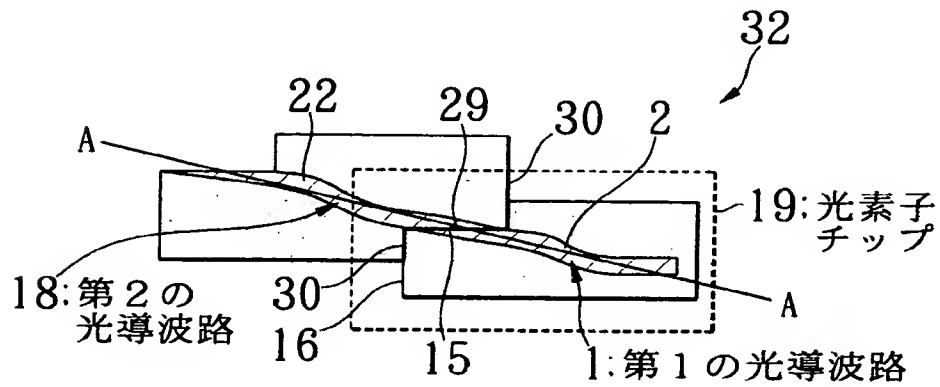
【図 8】



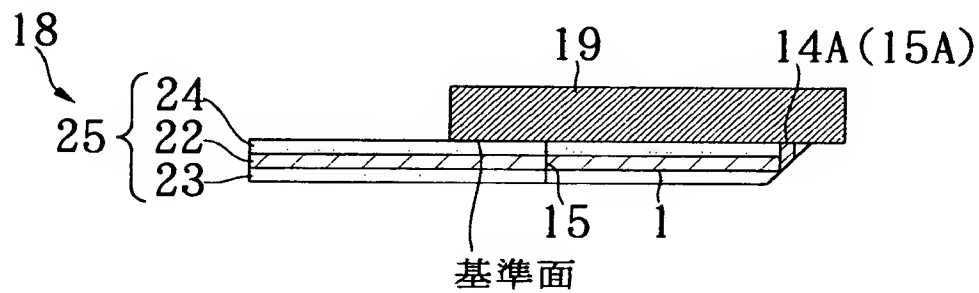
【図 9】



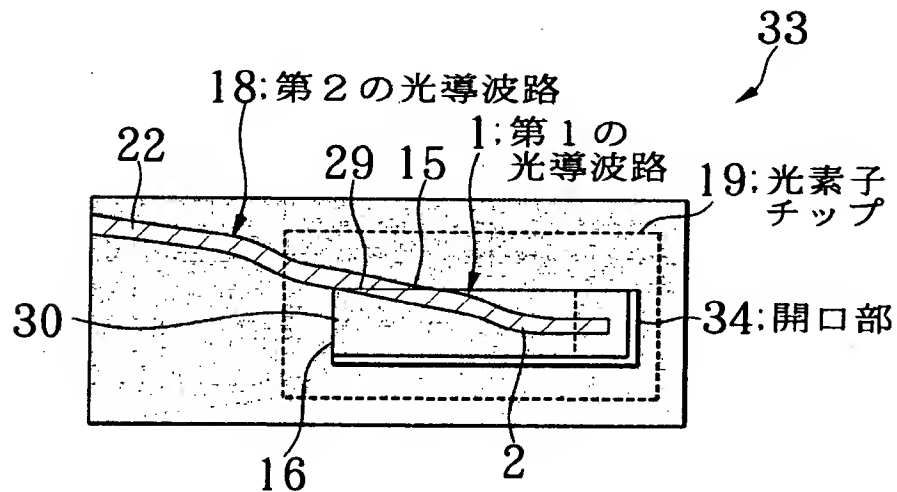
【図10】



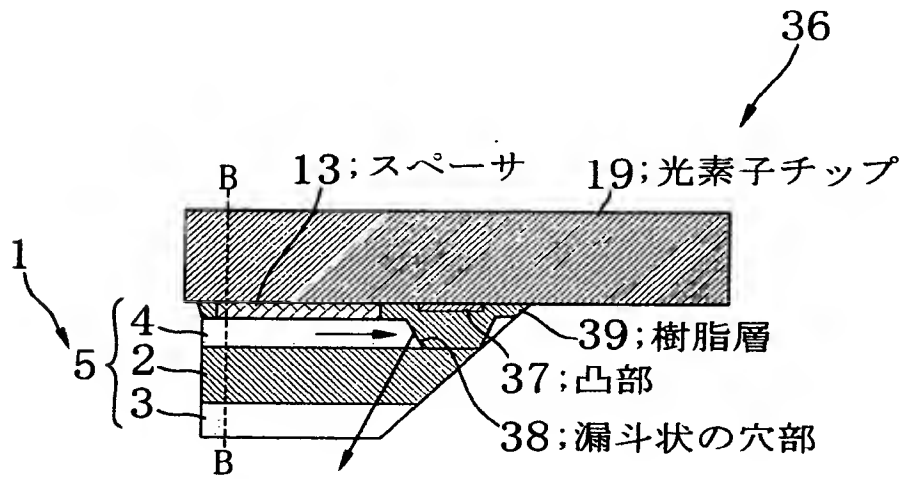
【図11】



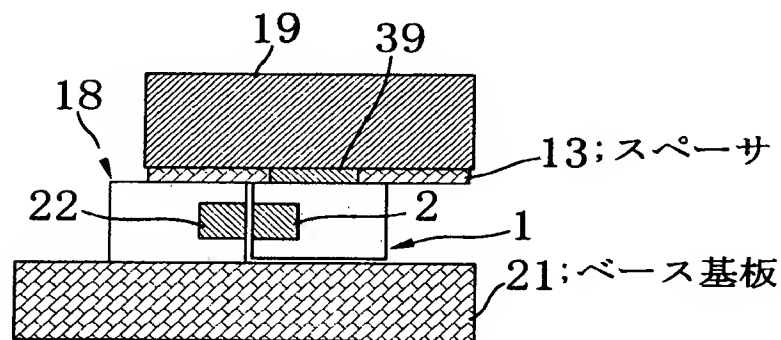
【図12】



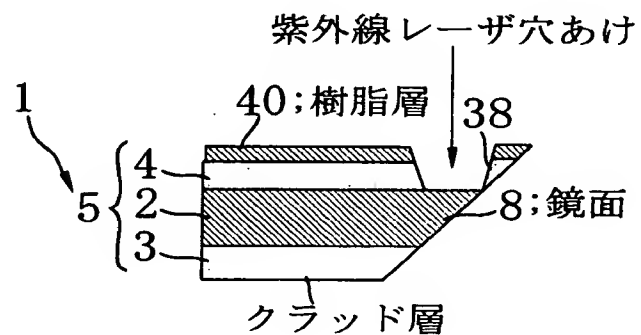
【図13】



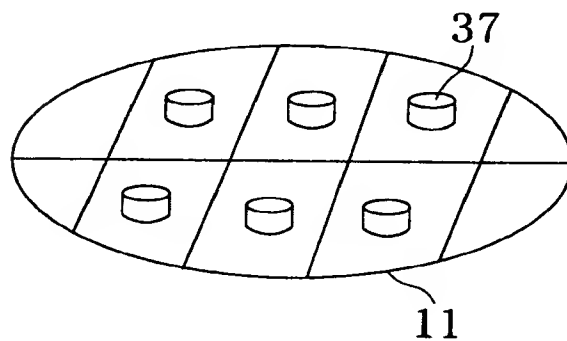
【図14】



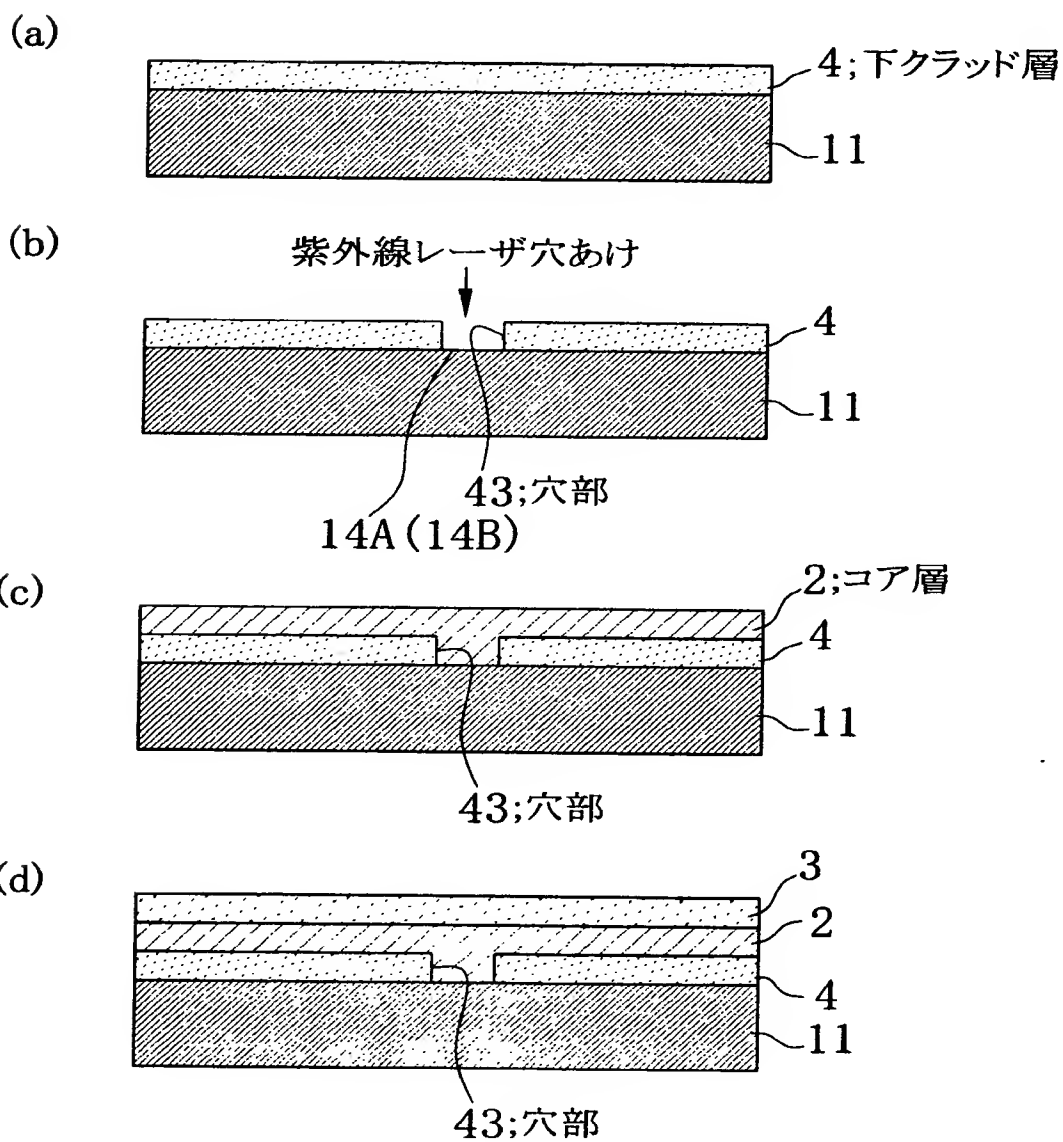
【図15】



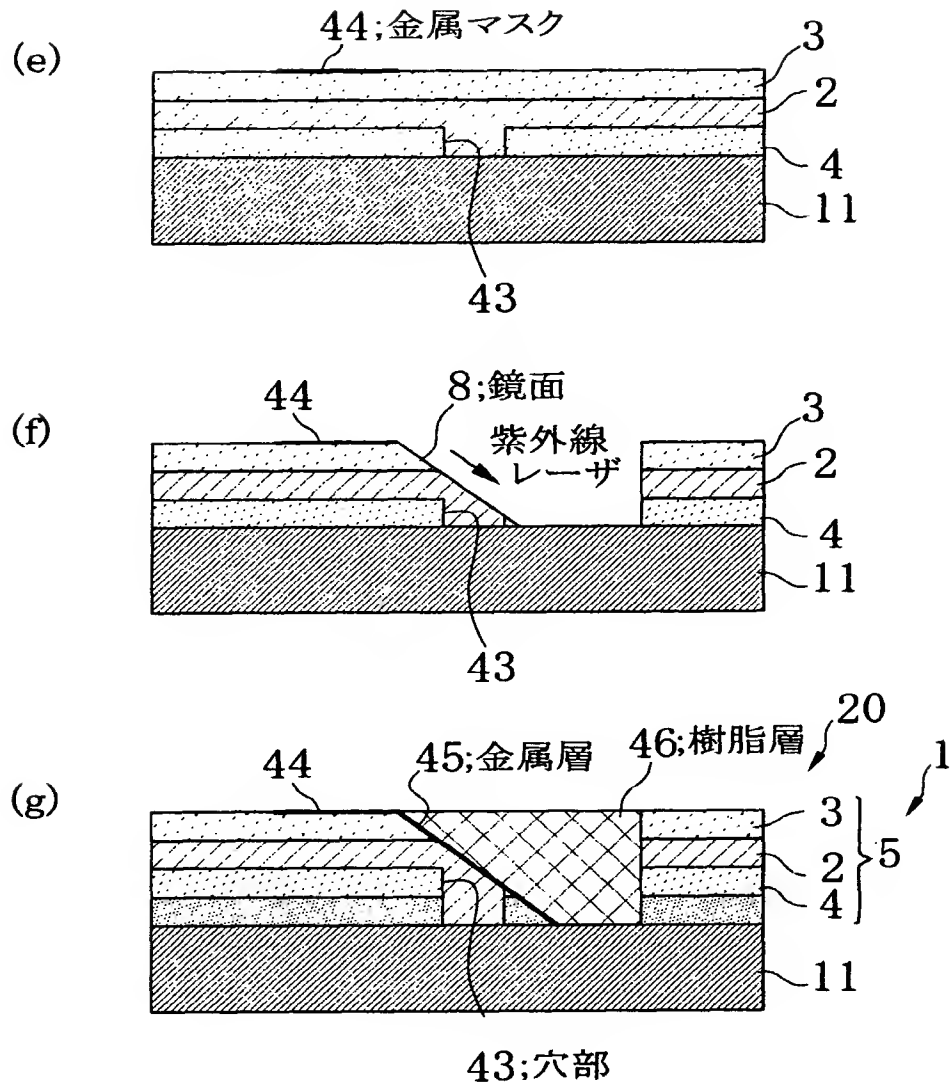
【図 1 6】



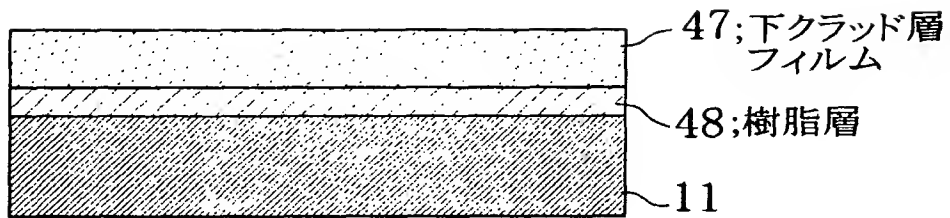
【図 1 7】



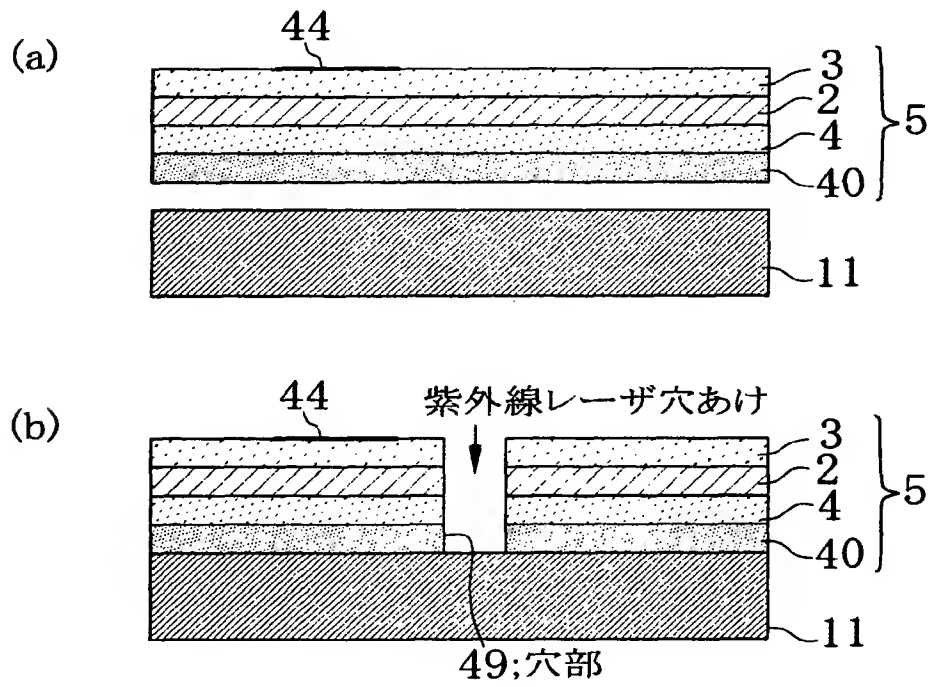
【図18】



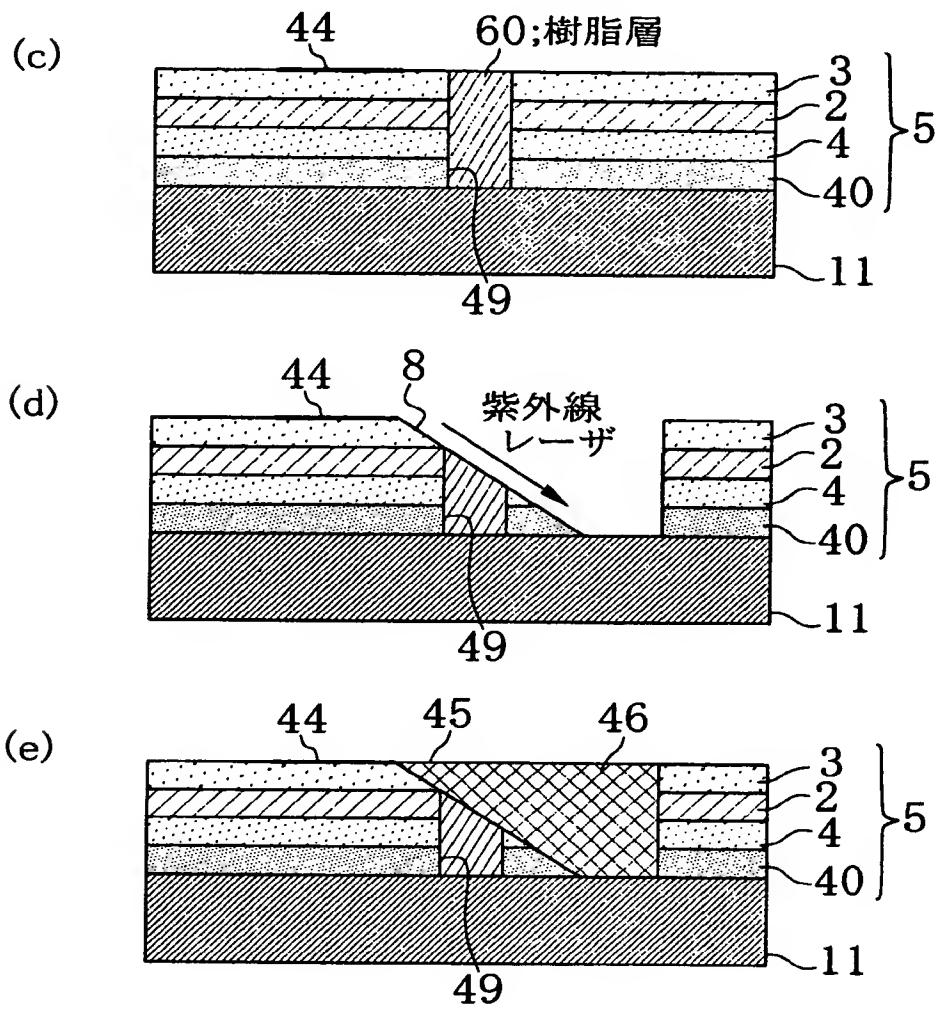
【図 1 9】



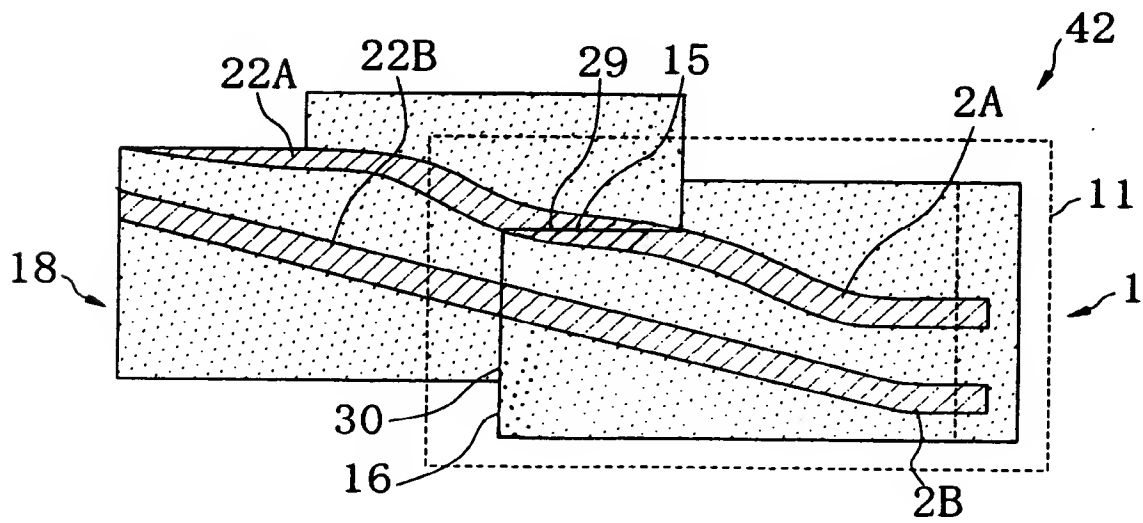
【図 2 0】



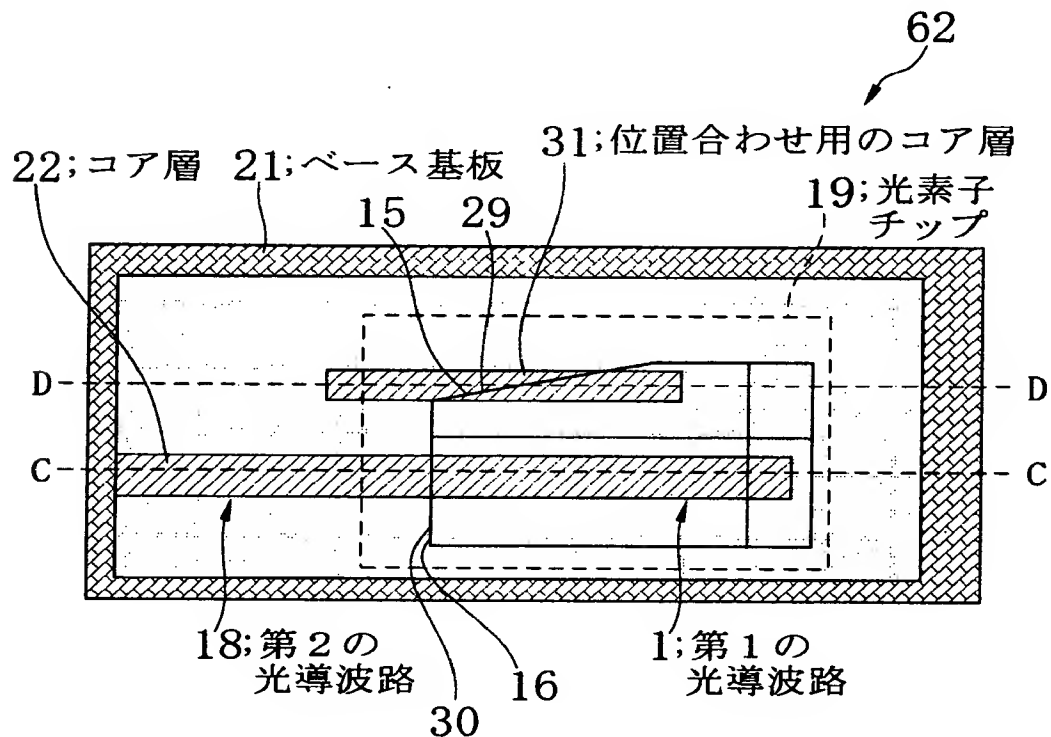
【図 2 1】



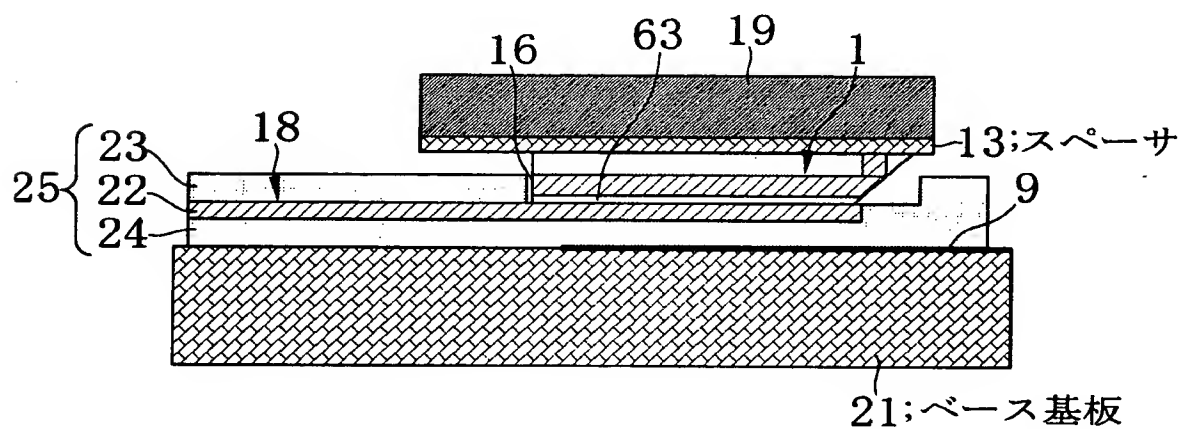
【図 2 2】



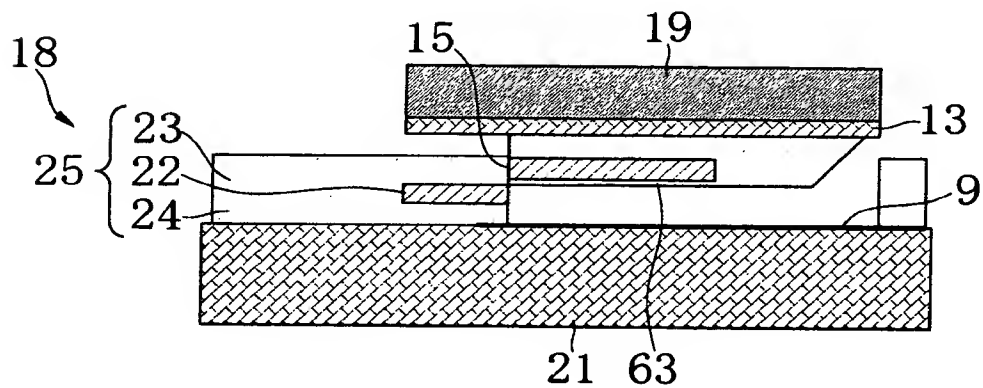
【図 2 3】



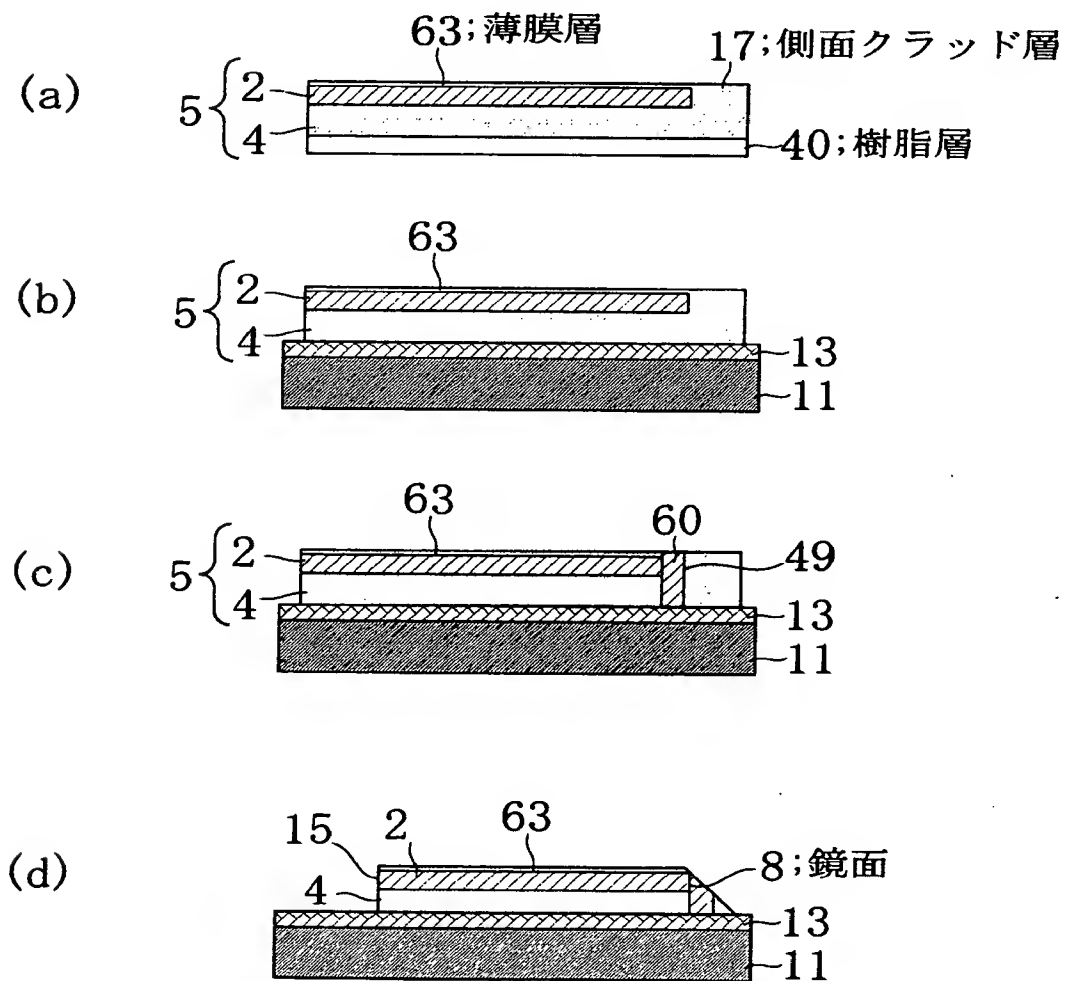
【図 2 4】



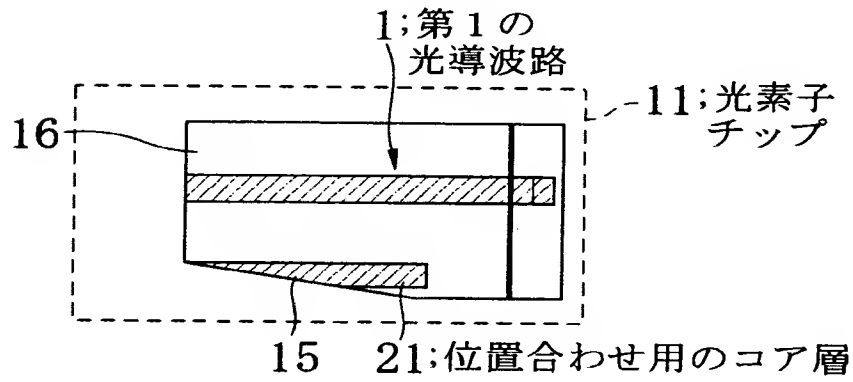
【図 25】



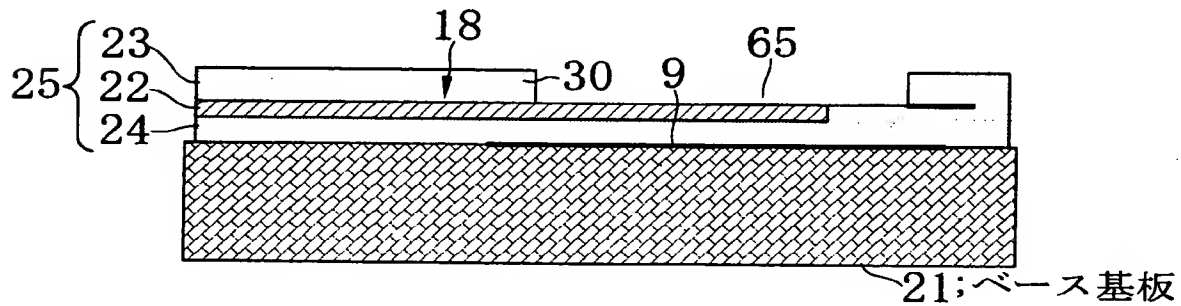
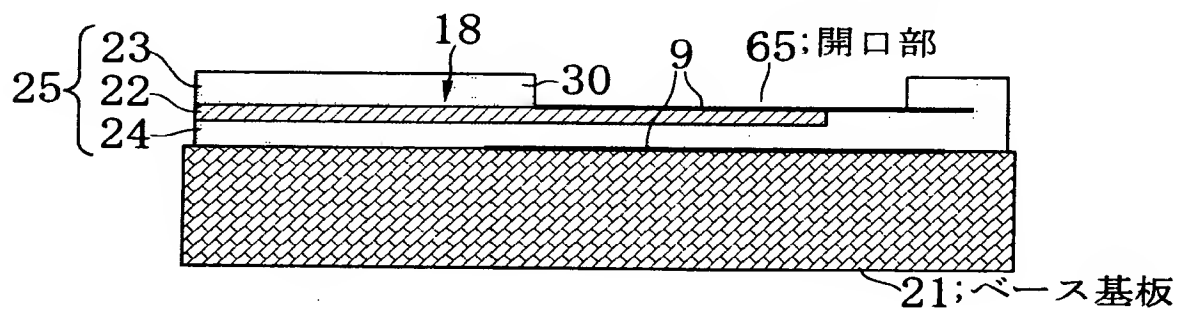
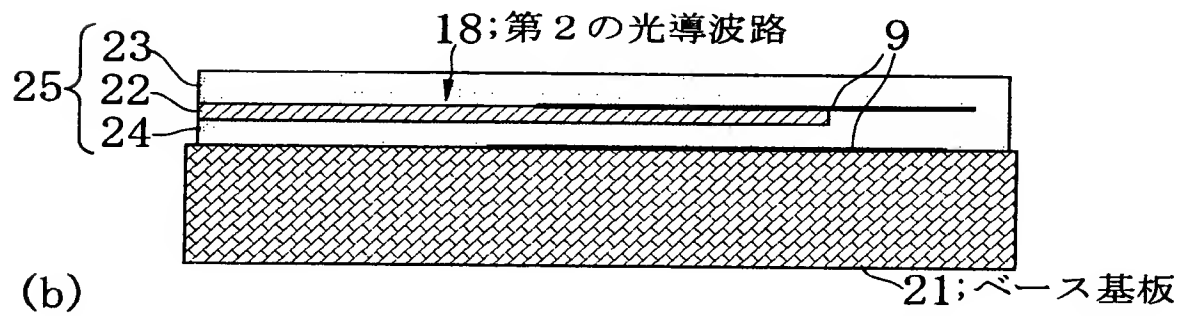
【図 26】



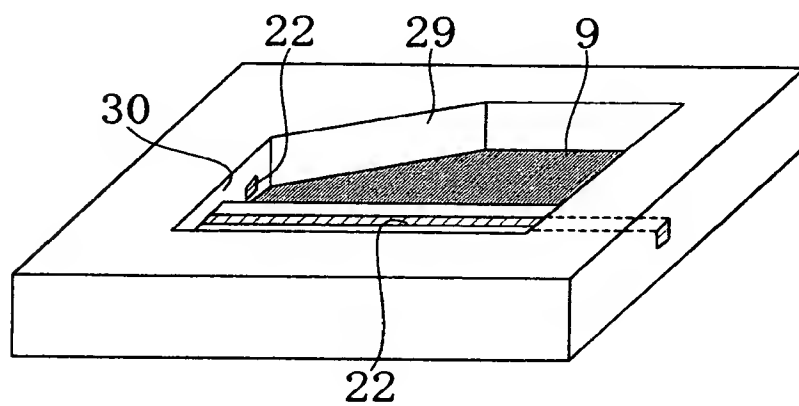
【図 27】



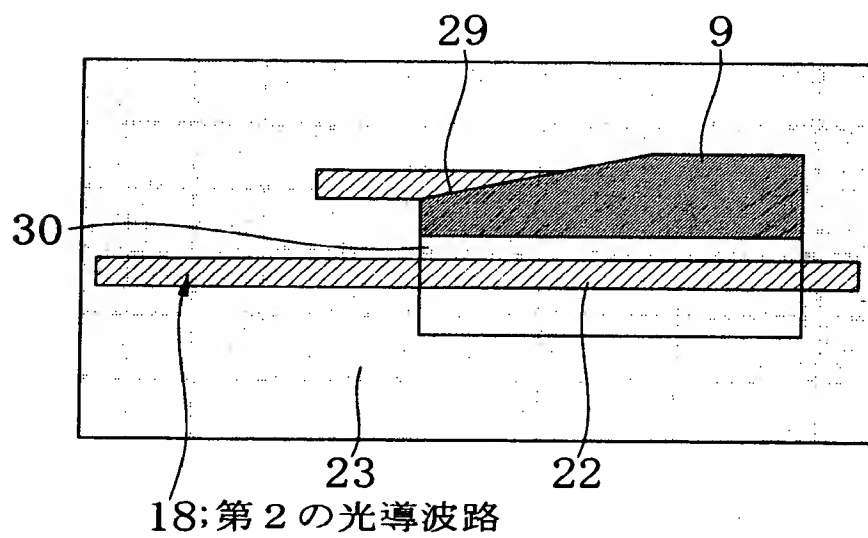
【図 28】



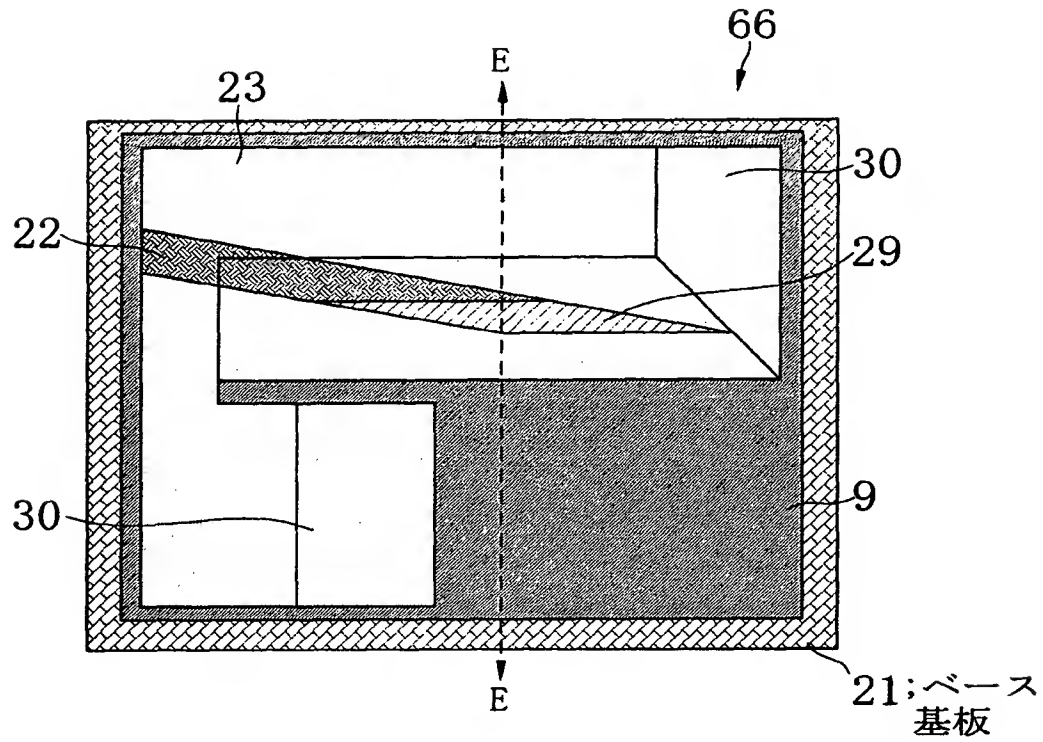
【図 2 9】



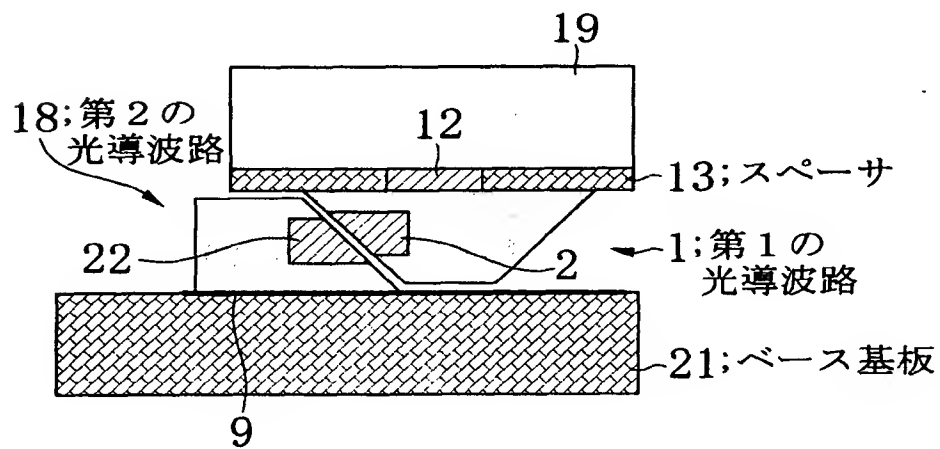
【図 3 0】



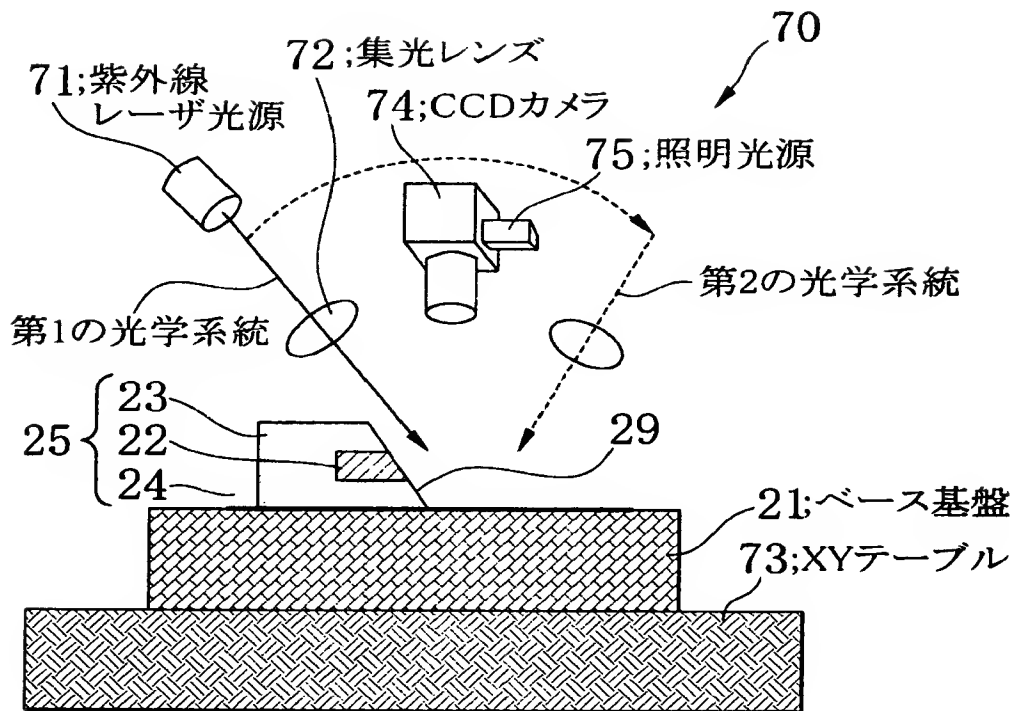
【図 3 1】



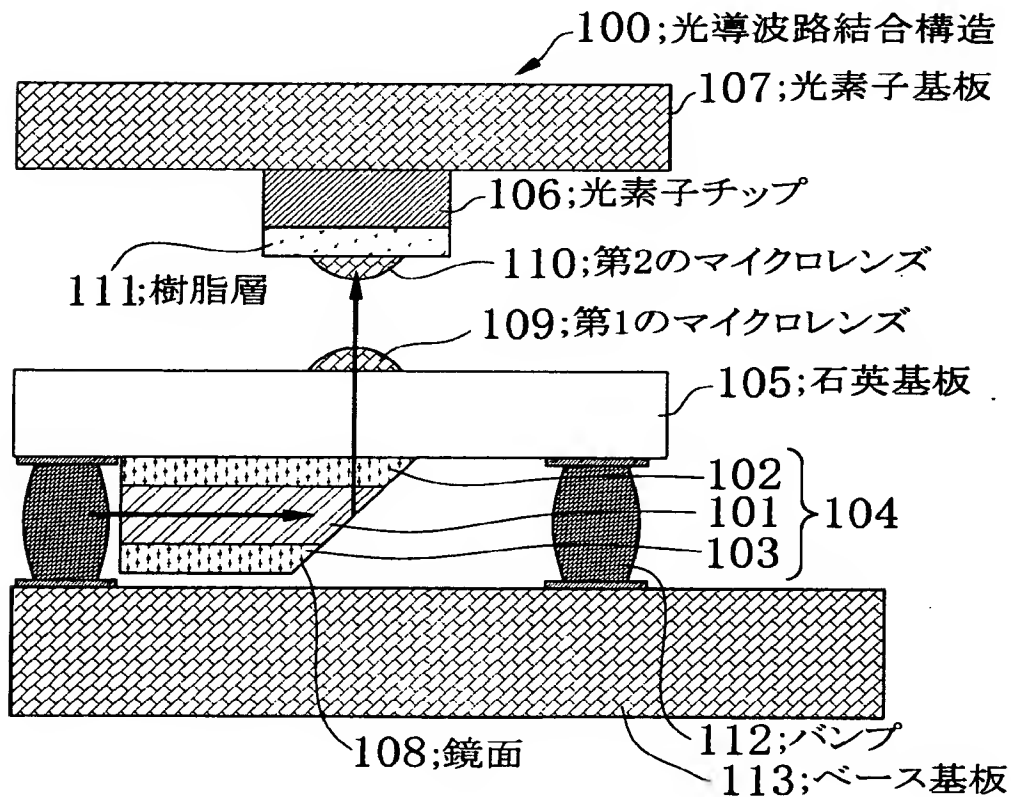
【図 3 2】



【図 3 3】



【図 3 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度の位置合わせを不要にして光導波路結合構造を実現する。

【解決手段】 開示されている光導波路結合構造 1 0 は、光素子チップ 9 上に配置されて端部にそのコア層 2 が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第 1 の断面 1 5 及びこの第 1 の断面 1 5 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 1 5 に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面 1 6 を有する第 1 の光導波路 1 と、ベース基板 2 1 上に配置されて端部にそのコア層 2 2 が例えば略 6 度の緩い角度 θ で斜めに露出するように形成された第 1 の断面 2 9 及びこの第 1 の断面 2 9 から所定距離離れた位置に第 1 の断面 2 9 に対して略垂直方向に形成された第 2 の断面 3 0 を有する第 2 の光導波路 1 とが、上記第 1 の断面 1 5、2 9 同士を及び上記第 2 の断面 1 6、3 0 同士を位置合わせすることにより結合されている。

【選択図】 図 1

【書類名】 手続補正書
【提出日】 平成12年12月 4日
【あて先】 特許庁長官殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2000-366411
【補正をする者】
 【識別番号】 000004237
 【氏名又は名称】 日本電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100099830
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 西村 征生
【手続補正 1】
 【補正対象書類名】 明細書
 【補正対象項目名】 発明の名称
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 1
【ブルーフの要否】 要

【発明の名称】 光導波路結合構造、光導波路及びその製造方法、並びに光導波路付き光素子部品及びその製造方法

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
氏 名	日本電気株式会社